

Docket No.: 56937-093

PATENT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of	:	Customer Number: 20277
	:	
Toshio INAJI, et al.	:	Confirmation Number:
	:	
Serial No.:	:	Group Art Unit:
	:	
Filed: September 26, 2003	:	Examiner: Unknown
	:	
For: DISK DRIVE AND DISK DRIVE CONTROL METHOD	:	

**CLAIM OF PRIORITY AND
TRANSMITTAL OF CERTIFIED PRIORITY DOCUMENT**

Mail Stop CPD
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

In accordance with the provisions of 35 U.S.C. 119, Applicants hereby claims the priority of:

Japanese Patent Application No. 2002-282989, filed September 27, 2002

cited in the Declaration of the present application. A certified copy is submitted herewith.

Respectfully submitted,

MCDERMOTT, WILL & EMERY


Michael E. Fogarty
Registration No. 36,139

600 13th Street, N.W.
Washington, DC 20005-3096
(202) 756-8000 MEF:tlb
Facsimile: (202) 756-8087
Date: September 26, 2003

56937-093
INAJI et al.
September 26, 2003

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

McDermott, Will & Emery

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2002年 9月27日

出 願 番 号

Application Number:

特願2002-282989

[ST.10/C]:

[JP2002-282989]

出 願 人

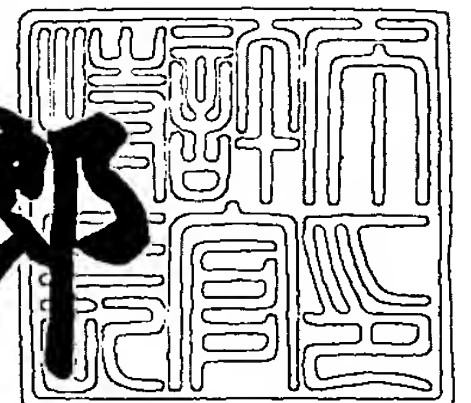
Applicant(s):

松下電器産業株式会社

2003年 6月17日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3047150

【書類名】 特許願

【整理番号】 2037240066

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G11B 21/10

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

【氏名】 稲治 利夫

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

【氏名】 高祖 洋

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

【氏名】 宮田 敬三

【特許出願人】

【識別番号】 000005821

【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100086737

【弁理士】

【氏名又は名称】 岡田 和秀

【電話番号】 06-6376-0857

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 007401

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

特 2 0 0 2 - 2 8 2 9 8 9

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9305280

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 ディスク装置及びその制御方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 ディスクに対してヘッドの位置決めを行うアクチュエータ手段と、

前記アクチュエータ手段の駆動手段と、

前記アクチュエータ手段の駆動において発生する電圧を検出し電圧信号を出力する電圧検出手段と、

前記駆動信号と前記電圧信号から前記ヘッドに加わる外乱の大きさを推定し外乱推定信号を生成する外乱推定手段と、

前記ディスクに予め記録され前記ヘッドにより検出されるサーボ情報から前記ヘッドの現在位置に対応した位置誤差信号を生成する位置検出手段と、

前記位置誤差信号に対応した位置制御信号を生成する位置制御手段と、

前記位置制御信号と前記外乱推定信号より前記駆動信号を合成する補正手段とを具備し、

前記外乱推定手段は、当該外乱推定手段で生成する電圧推定信号を前記電圧信号と比較し偏差信号を出力する比較手段と、前記偏差信号を積分した積分信号と前記偏差信号に比例した比例信号とを一定の比率で加算し前記外乱推定信号を生成する加算手段とを含むことを特徴とするディスク装置。

【請求項 2】 ディスクに対してヘッドの位置決めを行うアクチュエータ手段と、

前記アクチュエータ手段の駆動手段と、

前記アクチュエータ手段の駆動において発生する電圧を検出し電圧信号を出力する電圧検出手段と、

前記駆動信号と前記電圧信号から前記ヘッドに加わる外乱の大きさを推定し外乱推定信号を生成する外乱推定手段と、

前記ディスクに予め記録され前記ヘッドにより検出されるサーボ情報から前記ヘッドの現在位置に対応した位置誤差信号を生成する位置検出手段と、

前記位置誤差信号に対応した位置制御信号を生成する位置制御手段と、

前記位置制御信号と前記外乱推定信号より前記駆動信号を合成する補正手段とを具備し、

前記外乱推定手段は、当該外乱推定手段で生成する電圧推定信号を前記電圧信号と比較し偏差信号を出力する比較手段と、前記偏差信号に比例した比例信号の高域周波数成分を遮断しフィルタ出力信号を生成するフィルタ手段と、前記偏差信号を積分した積分信号と前記フィルタ出力信号とを一定の比率で加算し前記外乱推定信号を生成する加算手段とを含むことを特徴とするディスク装置。

【請求項 3】 前記外乱推定手段は、前記電圧検出手段の検出した電圧信号が入力される比較手段と、前記駆動信号に第 1 の伝達関数からなる係数を乗算する第 1 の乗算手段と、前記比較手段の出力に第 2 の伝達関数からなる係数を乗算する第 2 の乗算手段と、前記比較手段の出力を積分する第 1 の積分手段と、前記第 1 の乗算手段の出力から前記第 2 の乗算手段の出力と前記第 1 の積分手段の出力との加算値を減算した値を積分する第 2 の積分手段とを具備し、

前記比較手段が前記第 2 の積分手段の出力と前記電圧信号とを比較し、その差分を前記第 2 の乗算手段と前記第 1 の積分手段へ出力するように構成されていることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載のディスク装置。

【請求項 4】 ディスクに対してヘッドの位置決めを行うアクチュエータ手段と、

前記アクチュエータ手段の駆動手段と、

前記アクチュエータ手段の駆動において発生する電圧を検出し電圧信号を出力する電圧検出手段と、

前記ディスクに予め記録され前記ヘッドにより検出されるサーボ情報から前記ヘッドの現在位置に対応した位置誤差信号を生成する位置検出手段と、

前記位置誤差信号に対応した位置制御信号を生成する位置制御手段と、

前記位置制御信号と前記電圧信号から前記ヘッドに加わる外乱の大きさを推定し外乱推定信号を生成する外乱推定手段と、

前記位置制御信号と前記外乱推定信号より前記駆動信号を合成する補正手段とを具備し、

前記外乱推定手段は、当該外乱推定手段で生成する電圧推定信号を前記電圧信

号と比較し偏差信号を出力する比較手段と、前記偏差信号を積分した積分信号と前記偏差信号に比例した比例信号とを一定の比率で加算し前記外乱推定信号を生成する加算手段とを含むことを特徴とするディスク装置。

【請求項 5】 ディスクに対してヘッドの位置決めを行うアクチュエータ手段と、

前記アクチュエータ手段の駆動手段と、

前記アクチュエータ手段の駆動において発生する電圧を検出し電圧信号を出力する電圧検出手段と、

前記ディスクに予め記録され前記ヘッドにより検出されるサーボ情報から前記ヘッドの現在位置に対応した位置誤差信号を生成する位置検出手段と、

前記位置誤差信号に対応した位置制御信号を生成する位置制御手段と、

前記位置制御信号と前記電圧信号から前記ヘッドに加わる外乱の大きさを推定し外乱推定信号を生成する外乱推定手段と、

前記位置制御信号と前記外乱推定信号より前記駆動信号を合成する補正手段とを具備し、

前記外乱推定手段は、当該外乱推定手段で生成する電圧推定信号を前記電圧信号と比較し偏差信号を出力する比較手段と、前記偏差信号に比例した比例信号の高域周波数成分を遮断しフィルタ出力信号を生成するフィルタ手段と、前記偏差信号を積分した積分信号と前記フィルタ出力信号とを一定の比率で加算し前記外乱推定信号を生成する加算手段とを含むことを特徴とするディスク装置。

【請求項 6】 前記外乱推定手段は、前記電圧検出手段の検出した電圧信号が入力される比較手段と、前記位置制御信号に第 1 の伝達関数からなる係数を乗算する第 1 の乗算手段と、前記比較手段の出力に第 2 の伝達関数からなる係数を乗算する第 2 の乗算手段と、前記比較手段の出力を積分する第 1 の積分手段と、前記第 1 の乗算手段の出力から前記第 2 の乗算手段の出力と前記第 1 の積分手段の出力との加算値を減算した値を積分する第 2 の積分手段とを具備し、

前記比較手段が前記第 2 の積分手段の出力と前記電圧信号とを比較し、その差分を前記第 2 の乗算手段と前記第 1 の積分手段へ出力するように構成されていることを特徴とする請求項 4 または請求項 5 に記載のディスク装置。

【請求項 7】 前記外乱推定手段の制御帯域が、前記位置制御手段の制御帯域よりも大きく設定されていることを特徴とする請求項 1 から請求項 6 までのいずれかに記載のディスク装置。

【請求項 8】 ディスクに予め記録されてヘッドにより検出されるサーボ情報から前記ヘッドの現在位置に対応した位置誤差信号を生成し、

前記位置誤差信号に対応した位置制御信号を生成し、

前記ヘッドの位置決めを行うアクチュエータ手段の駆動信号と前記アクチュエータ手段の駆動において発生する電圧信号とに基づいて前記電圧信号の推定である電圧推定信号を生成し、

前記電圧推定信号と前記電圧信号とを比較してその差分の偏差信号を生成し、

前記偏差信号を積分した積分信号と前記偏差信号に比例した比例信号とを一定の比率で加算することにより外乱推定信号を生成し、

前記位置制御信号と前記外乱推定信号とを合成して前記駆動信号を生成し、

前記駆動信号により前記アクチュエータ手段を駆動して前記ディスクに対する前記ヘッドの位置決めを行うことを特徴とするディスク装置の制御方法。

【請求項 9】 ディスクに予め記録されてヘッドにより検出されるサーボ情報から前記ヘッドの現在位置に対応した位置誤差信号を生成し、

前記位置誤差信号に対応した位置制御信号を生成し、

前記ヘッドの位置決めを行うアクチュエータ手段の駆動信号と前記アクチュエータ手段の駆動において発生する電圧信号とに基づいて前記電圧信号の推定である電圧推定信号を生成し、

前記電圧推定信号と前記電圧信号とを比較してその差分の偏差信号を生成し、

前記偏差信号を積分した積分信号と前記偏差信号に比例した比例信号の高域周波数成分を遮断したフィルタ出力信号とを一定の比率で加算することにより外乱推定信号を生成し、

前記位置制御信号と前記外乱推定信号とを合成して前記駆動信号を生成し、

前記駆動信号により前記アクチュエータ手段を駆動して前記ディスクに対する前記ヘッドの位置決めを行うことを特徴とするディスク装置の制御方法。

【請求項 10】 ディスクに予め記録されてヘッドにより検出されるサーボ情

報から前記ヘッドの現在位置に対応した位置誤差信号を生成し、

前記位置誤差信号に対応した位置制御信号を生成し、

前記位置制御信号と前記アクチュエータ手段の駆動において発生する電圧信号とから前記電圧信号の推定である電圧推定信号を生成し、

前記電圧推定信号と前記電圧信号とを比較してその差分の偏差信号を生成し、

前記偏差信号を積分した積分信号と前記偏差信号に比例した比例信号とを一定の比率で加算することにより外乱推定信号を生成し、

前記位置制御信号と前記外乱推定信号とを合成して前記駆動信号を生成し、

前記駆動信号により前記アクチュエータ手段を駆動して前記ディスクに対する前記ヘッドの位置決めを行うことを特徴とするディスク装置の制御方法。

【請求項 1 1】 ディスクに予め記録されてヘッドにより検出されるサーボ情報から前記ヘッドの現在位置に対応した位置誤差信号を生成し、

前記位置誤差信号に対応した位置制御信号を生成し、

前記位置制御信号と前記アクチュエータ手段の駆動において発生する電圧信号とから前記電圧信号の推定である電圧推定信号を生成し、

前記電圧推定信号と前記電圧信号とを比較してその差分の偏差信号を生成し、

前記偏差信号を積分した積分信号と前記偏差信号に比例した比例信号の高域周波数成分を遮断したフィルタ出力信号とを一定の比率で加算することにより外乱推定信号を生成し、

前記位置制御信号と前記外乱推定信号とを合成して前記駆動信号を生成し、

前記駆動信号により前記アクチュエータ手段を駆動して前記ディスクに対する前記ヘッドの位置決めを行うことを特徴とするディスク装置の制御方法。

【請求項 1 2】 前記外乱推定の制御帯域が、前記位置制御の制御帯域よりも大きく設定されていることを特徴とする請求項 8 から請求項 1 1 までのいずれかに記載のディスク装置の制御方法。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】

本発明は、記録／再生ヘッドをアクチュエータにより記録媒体であるディスク

の目標トラックへ高精度に位置決めするディスク装置に関する。さらに詳しくは、アクチュエータが受ける外乱のためにヘッドが目標トラックからずれることを抑制するための技術に関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

近年、磁気ディスク装置などのディスク装置は、小型化、大容量化が急速に進み、トラックの高密度化・狭トラックピッチ化の傾向にあり、目標トラックに対するヘッドの高精度位置決めが重要となっている。あらかじめディスクに記録されたサーボ情報をヘッドが読み取り、目標トラックに対するヘッドの位置誤差信号を生成し、位置誤差信号の大きさを最小にするようにヘッドを位置決め制御する。位置決め速度を高速化するには位置決め制御系の制御周波数を高くすればよい。しかし、ヘッドのアクチュエータの固有機械共振のために、位置決め制御系が不安定になる。このような実情で、制御周波数を高めることには自ずと限界がある。

【 0 0 0 3 】

トラックの高密度化・狭トラックピッチ化およびアクチュエータの小型軽量化に伴い、アクチュエータに作用する外乱が位置決め制御系に与える影響は大きくなる。一方、ヘッドの高精度位置決めに対する要求は厳しい。ヘッドの位置決め精度の悪化要因である外乱の低減が重要である。従来、ディスク上のサーボ情報から得たヘッド位置信号とアクチュエータの駆動信号とに基づいて外乱を推定して、フィードフォワード制御により外乱を補償する技術が提案されている（例えば、特許文献 1 参照。）。

【 0 0 0 4 】

【特許文献 1】

特開平 9 - 2 3 1 7 0 1 号公報（第 4 - 5 頁、図 1）

【 0 0 0 5 】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、ディスク上のサーボ情報は一定のサンプリング周期をもつ離散的情報であり、これを再生したヘッド位置信号は連続信号ではない。サーボ情報のサン

プリング周波数の制約から、外乱推定手段の制御帯域には上限が存在し、この上限の存在が外乱の正確な推定を困難にする。その結果、ヘッドを目標トラックに対して常に正確に追従させることがむずかしい。

【 0 0 0 6 】

本発明は、上記課題を解決するためになされたものであって、外乱推定手段によりアクチュエータ手段に作用する外乱を正確に推定し、外乱を良好に打ち消すことにより、目標トラックに対するヘッドの位置決め精度を向上させることを目的とする。

【 0 0 0 7 】

【課題を解決するための手段】

アクチュエータ手段に加わる軸受摩擦や弾性力、衝撃や振動に起因する慣性力などの外乱を打ち消すために、その外乱の大きさを推定する。外乱の大きさを推定に際して、2つの要素を用いる。1つは、アクチュエータ手段の駆動において発生する電圧を検出し、その検出結果としての電圧信号を用いる。もう1つは、アクチュエータ手段の駆動手段における駆動信号である。ここで、駆動手段における駆動信号としては、駆動手段に入力するものであってもよいし、あるいは、駆動手段から出力するものであってもよい。また、駆動手段における駆動信号に代えて、その駆動信号を生成するもとになる位置制御信号を用いてもよい。すなわち、外乱の大きさを推定するための外乱推定手段を設け、この外乱推定手段をもって、電圧検出手段が検出した電圧信号と駆動手段における駆動信号または位置制御信号とを入力として、外乱推定信号を生成する。2つの要素に基づいて生成した外乱推定信号は、ヘッドに実際に加わる外乱の大きさを正確に推定したものとなる。この結果、アクチュエータ手段の軸受摩擦やアクチュエータ手段と電子回路基板とを接続するFPC（フレキシブルプリント回路）の弾性力やディスク装置に外部から加わる衝撃や振動によりアクチュエータ手段が受ける慣性力などの外乱の大きさを正確に推定することができる。

【 0 0 0 8 】

以上のようにして正確に推定した外乱推定信号をもってアクチュエータ手段に加わる外乱を打ち消すように、補正手段において、その外乱推定信号を位置制御

手段からの位置制御信号に合成して駆動信号を生成する。その駆動信号を用いてヘッドのアクチュエータ手段を駆動することにより、アクチュエータ手段に加わる軸受摩擦や弾性力や慣性力などの外乱を打ち消し、外乱に対する補償を良好に行うことができる。

【 0 0 0 9 】

本発明は、上記だけにとどまらず、さらに進んで次の点にも配慮している。

【 0 0 1 0 】

外乱推定手段は、入力されてくる電圧信号に相当する電圧推定信号を生成し、この電圧推定信号と入力電圧信号とを比較し、その差分の偏差信号を生成する。さらに、この偏差信号を積分した積分信号と偏差信号に比例した比例信号を生成し、積分信号と比例信号との加算信号を前記電圧推定信号の生成のためにフィードバックし、偏差信号をゼロに近づける。

【 0 0 1 1 】

ここで、基礎的な考え方として、補正手段に戻す外乱推定信号の生成について、前記の積分信号のみに基づいて外乱推定信号を生成するという考え方がある。外乱推定信号を積分信号のみに基づいて生成する場合にも、外乱推定信号と位置制御信号とを合成した駆動信号でアクチュエータ手段を駆動すれば、上述の作用を発揮させて、外乱に対する補償を行うことはできる。

【 0 0 1 2 】

しかし、外乱推定信号を積分信号のみに基づいて生成する場合には、その外乱推定信号と実際の外乱との間に位相差が生じ、外乱推定信号は実際の外乱に対して位相遅れを生じる。位相遅れを含む外乱推定信号に基づく駆動信号でアクチュエータ手段を駆動すれば、外乱に対する補償の効果は発揮されるものの、やはり位相遅れの影響がある。ここに改善の余地があり、本発明は、さらに進んで十分な補償を行うために次のような手段を追加している。

【 0 0 1 3 】

すなわち、前記の外乱推定手段において、前記の偏差信号の積分信号と偏差信号の比例信号とを一定の比率で加算して外乱推定信号を生成する。積分信号を a 、比例信号を b 、ともにゼロでない係数を k_1 、 k_2 として、外乱推定信号 τ_{dest}

を、 $[\tau_{\text{dest}} = k_1 \cdot a + k_2 \cdot b]$ と表すことができる。比例信号は積分信号に対して位相が90度進んだものとなっている（例えば図7参照）。したがって、積分信号と比例信号とを適切に合成することにより、上記の位相遅れを軽減させることができる。すなわち、実際の外乱に対してより近づけた状態の外乱推定信号を生成することができる。この位相遅れが抑制された外乱推定信号を補正手段において位置制御信号と合成し、得られた駆動信号でアクチュエータ手段を駆動することにより、アクチュエータ手段に作用する軸受摩擦や弾性力や慣性力などの外乱に対する補償を充分良好に行うことができる。その結果、目標トラックに向かうフォローイング動作時にアクチュエータ手段に作用する外乱の変動が大きくても、ヘッドの目標トラックへの位置決め制御を安定に行うことができる。また、その副次的効果として、実質的に、トラック密度の向上を可能となし、大容量のディスク装置の実現化を促すことができる。

【0014】

以下、上記で説明した本発明をより具体的レベルで記述する。

【0015】

第1の解決手段として、本発明によるディスク装置は、ディスクに対してヘッドの位置決めを行うアクチュエータ手段と、前記アクチュエータ手段の駆動手段と、前記アクチュエータ手段の駆動において発生する電圧を検出し電圧信号を出力する電圧検出手段と、前記駆動信号と前記電圧信号から前記ヘッドに加わる外乱の大きさを推定し外乱推定信号を生成する外乱推定手段と、前記ディスクに予め記録され前記ヘッドにより検出されるサーボ情報から前記ヘッドの現在位置に対応した位置誤差信号を生成する位置検出手段と、前記位置誤差信号に対応した位置制御信号を生成する位置制御手段と、前記位置制御信号と前記外乱推定信号より前記駆動信号を合成する補正手段とを具備している。さらに、前記外乱推定手段は、当該外乱推定手段で生成する電圧推定信号を前記電圧信号と比較し偏差信号を出力する比較手段と、前記偏差信号を積分した積分信号と前記偏差信号に比例した比例信号とを一定の比率で加算し前記外乱推定信号を生成する加算手段とを含む構成としている。なお、この構成において、駆動手段における駆動信号としては、駆動手段に入力するものであってもよいし、あるいは、駆動手段から

出力するものであってもよく、この点は以下でも同様である。

【 0 0 1 6 】

この第 1 の解決手段による作用は次のとおりである。外乱推定手段は、アクチュエータ手段の駆動手段に与える駆動信号とアクチュエータ手段から検出した電圧信号とに基づいて、アクチュエータ手段にかかる外乱（軸受摩擦、電子回路基板と接続する F P C の弾性力、外部から加わる衝撃や振動に起因する慣性力など）の大きさを推定する。ここで、電圧推定信号と電圧信号の差分である偏差信号の積分信号のみに基づいて外乱推定信号を生成するのではなく、偏差信号の比例信号も利用して、積分信号と比例信号とを一定の比率で加算して外乱推定信号を生成する。これにより、実際の外乱に対する外乱推定信号の位相遅れを軽減し、実際の外乱に対してより近づけた状態の外乱推定信号を生成することができる。この位相遅れの抑制された正確に推定した外乱推定信号をもってアクチュエータ手段に加わる外乱を打ち消すように、その外乱推定信号を位置制御信号に合成して駆動信号を生成する。その駆動信号をもってヘッドのアクチュエータ手段を駆動することにより、アクチュエータ手段に加わる外乱を打ち消し、外乱に対する補償を良好に行うことができるので、目標トラックに向かうフォローイング動作時に外乱の変動が大きくても、ヘッドの目標トラックへの位置決め制御を安定に行うことができる。

【 0 0 1 7 】

上記第 1 の解決手段をディスク装置の制御方法として記述すると、次のようになる。すなわち、ディスクに予め記録されてヘッドにより検出されるサーボ情報から前記ヘッドの現在位置に対応した位置誤差信号を生成し、前記位置誤差信号に対応した位置制御信号を生成し、前記ヘッドの位置決めを行うアクチュエータ手段の駆動信号と前記アクチュエータ手段の駆動において発生する電圧信号とに基づいて前記電圧信号の推定である電圧推定信号を生成し、前記電圧推定信号と前記電圧信号とを比較してその差分の偏差信号を生成し、前記偏差信号を積分した積分信号と前記偏差信号に比例した比例信号とを一定の比率で加算することにより外乱推定信号を生成し、前記位置制御信号と前記外乱推定信号とを合成して前記駆動信号を生成し、前記駆動信号により前記アクチュエータ手段を駆動して

前記ディスクに対する前記ヘッドの位置決めを行う。このディスク装置の制御方法によれば、上記同様の作用を発揮する。

【 0 0 1 8 】

第2の解決手段として、本発明によるディスク装置は、ディスクに対してヘッドの位置決めを行うアクチュエータ手段と、前記アクチュエータ手段の駆動手段と、前記アクチュエータ手段の駆動において発生する電圧を検出し電圧信号を出力する電圧検出手段と、前記駆動信号と前記電圧信号から前記ヘッドに加わる外乱の大きさを推定し外乱推定信号を生成する外乱推定手段と、前記ディスクに予め記録され前記ヘッドにより検出されるサーボ情報から前記ヘッドの現在位置に対応した位置誤差信号を生成する位置検出手段と、前記位置誤差信号に対応した位置制御信号を生成する位置制御手段と、前記位置制御信号と前記外乱推定信号より前記駆動信号を合成する補正手段とを具備している。さらに、前記外乱推定手段は、当該外乱推定手段で生成する電圧推定信号を前記電圧信号と比較し偏差信号を出力する比較手段と、前記偏差信号に比例した比例信号の高域周波数成分を遮断しフィルタ出力信号を生成するフィルタ手段と、前記偏差信号を積分した積分信号と前記フィルタ出力信号とを一定の比率で加算し前記外乱推定信号を生成する加算手段とを含む構成としている。

【 0 0 1 9 】

この第2の解決手段による作用は、基本的には上記第1の解決手段と同様である。そして外乱推定手段にフィルタ手段を付加したことにより、ノイズを低減することができる。フィルタ手段は、比例信号の高域周波数成分を遮断してフィルタ出力信号を生成する。一方、積分信号は、偏差信号を積分する過程で高域周波数成分が遮断される。これは、積分自体が一種の高域遮断フィルタであることによる。したがって、積分信号とフィルタ出力信号とを合成して得られる外乱推定信号は高域成分を除去されたノイズの少ない信号となる。また、位置決め制御系に外乱推定手段を適用したときの制御系全体の安定性を向上させることができる。

【 0 0 2 0 】

上記第2の解決手段をディスク装置の制御方法として記述すると、次のように

なる。すなわち、ディスクに予め記録されてヘッドにより検出されるサーボ情報から前記ヘッドの現在位置に対応した位置誤差信号を生成し、前記位置誤差信号に対応した位置制御信号を生成し、前記ヘッドの位置決めを行うアクチュエータ手段の駆動信号と前記アクチュエータ手段の駆動において発生する電圧信号とに基づいて前記電圧信号の推定である電圧推定信号を生成し、前記電圧推定信号と前記電圧信号とを比較してその差分の偏差信号を生成し、前記偏差信号を積分した積分信号と前記偏差信号に比例した比例信号の高域周波数成分を遮断したフィルタ出力信号とを一定の比率で加算することにより外乱推定信号を生成し、前記位置制御信号と前記外乱推定信号とを合成して前記駆動信号を生成し、前記駆動信号により前記アクチュエータ手段を駆動して前記ディスクに対する前記ヘッドの位置決めを行う。このディスク装置の制御方法によれば、上記同様の作用を発揮する。

【 0 0 2 1 】

上記の第 1 または第 2 の解決手段において、次のように構成することは好ましいものである。すなわち、前記外乱推定手段の構成につき、前記電圧検出手段の検出した電圧信号が入力される比較手段と、前記駆動信号に第 1 の伝達関数からなる係数を乗算する第 1 の乗算手段と、前記比較手段の出力に第 2 の伝達関数からなる係数を乗算する第 2 の乗算手段と、前記比較手段の出力を積分する第 1 の積分手段と、前記第 1 の乗算手段の出力から前記第 2 の乗算手段の出力と前記第 1 の積分手段の出力との加算値を減算した値を積分する第 2 の積分手段とを具備した構成とする。さらに、前記比較手段が前記第 2 の積分手段の出力と前記電圧信号とを比較し、その差分を前記第 2 の乗算手段と前記第 1 の積分手段へ出力するように構成されている。

【 0 0 2 2 】

この構成による作用は次のとおりである。駆動信号を入力する第 1 の乗算手段の出力は、アクチュエータ手段に作用する駆動トルクに対応した駆動トルク推定信号となる。第 2 の積分手段の出力は、電圧検出手段の検出した電圧信号に対する電圧推定信号となる。第 2 の積分手段からの電圧推定信号と電圧信号との差分をとる比較手段が出力する偏差信号は、第 1 の積分手段と第 2 の乗算手段に与え

られる。前記の第 2 の乗算手段の出力と前記の第 1 の積分手段の出力との加算値を前記の第 1 の乗算手段の出力から減算して第 2 の積分手段に与える。前記の偏差信号を積分した積分信号と前記の偏差信号に比例した比例信号とを一定の比率で加算して得られた信号は外乱推定信号となる。

【 0 0 2 3 】

以上の結果として、生成された外乱推定信号は、アクチュエータ手段が受ける外乱を正確に推定したものに相当している。そして、このように正確に割り出した外乱推定信号をもって外乱を打ち消すようフィードフォワード制御を行うので、フォローイング動作において外乱に対する補償を良好に行うことができ、フォローイング動作時に外乱の変動が大きくても、目標トラックに対するヘッドの位置決め制御を安定に行い、位置決め精度を向上させることができる。

【 0 0 2 4 】

第 3 の解決手段として、本発明によるディスク装置は、ディスクに対してヘッドの位置決めを行うアクチュエータ手段と、前記アクチュエータ手段の駆動手段と、前記アクチュエータ手段の駆動において発生する電圧を検出し電圧信号を出力する電圧検出手段と、前記ディスクに予め記録され前記ヘッドにより検出されるサーボ情報から前記ヘッドの現在位置に対応した位置誤差信号を生成する位置検出手段と、前記位置誤差信号に対応した位置制御信号を生成する位置制御手段と、前記位置制御信号と前記電圧信号から前記ヘッドに加わる外乱の大きさを推定し外乱推定信号を生成する外乱推定手段と、前記位置制御信号と前記外乱推定信号より前記駆動信号を合成する補正手段とを具備している。さらに、前記外乱推定手段は、当該外乱推定手段で生成する電圧推定信号を前記電圧信号と比較し偏差信号を出力する比較手段と、前記偏差信号を積分した積分信号と前記偏差信号に比例した比例信号とを一定の比率で加算し前記外乱推定信号を生成する加算手段とを含む構成としている。

【 0 0 2 5 】

この第 3 の解決手段による作用は次のとおりである。外乱推定手段に入力する要素が、第 1 の解決手段では電圧信号と駆動信号であるのに対して、本解決手段では電圧信号と位置制御信号とを外乱推定手段に入力している。外乱推定手段は

、位置制御手段からの位置制御信号とアクチュエータ手段から検出した電圧信号とに基づいて、アクチュエータ手段が受ける外乱の大きさを正確に推定する。ここで、電圧推定信号と電圧信号の差分である偏差信号の積分信号のみに基づいて外乱推定信号を生成するのではなく、偏差信号の比例信号も利用して、積分信号と比例信号とを一定の比率で加算して外乱推定信号を生成する。これにより、実際の外乱に対する外乱推定信号の位相遅れを軽減し、実際の外乱に対してより近づけた状態の外乱推定信号を生成することができる。この位相遅れの抑制された正確に推定した外乱推定信号をもって外乱を打ち消すように、その外乱推定信号を位置制御手段が出力する位置制御信号に合成して駆動信号を生成する。その駆動信号をもってヘッドのアクチュエータ手段を駆動することにより外乱を打ち消し、外乱に対する補償を良好に行うことができるので、目標トラックに向かうフォローイング動作時に外乱の変動が大きくても、ヘッドの目標トラックへの位置決め制御を安定に行うことができる。

【 0 0 2 6 】

上記第3の解決手段をディスク装置の制御方法として記述すると、次のようになる。すなわち、ディスクに予め記録されてヘッドにより検出されるサーボ情報から前記ヘッドの現在位置に対応した位置誤差信号を生成し、前記位置誤差信号に対応した位置制御信号を生成し、前記位置制御信号と前記アクチュエータ手段の駆動において発生する電圧信号とから前記電圧信号の推定である電圧推定信号を生成し、前記電圧推定信号と前記電圧信号とを比較してその差分の偏差信号を生成し、前記偏差信号を積分した積分信号と前記偏差信号に比例した比例信号とを一定の比率で加算することにより外乱推定信号を生成し、前記位置制御信号と前記外乱推定信号とを合成して前記駆動信号を生成し、前記駆動信号により前記アクチュエータ手段を駆動して前記ディスクに対する前記ヘッドの位置決めを行う。このディスク装置の制御方法によれば、上記同様の作用を発揮する。

【 0 0 2 7 】

第4の解決手段として、発明によるディスク装置は、ディスクに対してヘッドの位置決めを行うアクチュエータ手段と、前記アクチュエータ手段の駆動手段と、前記アクチュエータ手段の駆動において発生する電圧を検出し電圧信号を出力

する電圧検出手段と、前記ディスクに予め記録され前記ヘッドにより検出されるサーボ情報から前記ヘッドの現在位置に対応した位置誤差信号を生成する位置検出手段と、前記位置誤差信号に対応した位置制御信号を生成する位置制御手段と、前記位置制御信号と前記電圧信号から前記ヘッドに加わる外乱の大きさを推定し外乱推定信号を生成する外乱推定手段と、前記位置制御信号と前記外乱推定信号より前記駆動信号を合成する補正手段とを具備している。さらに、前記外乱推定手段は、当該外乱推定手段で生成する電圧推定信号を前記電圧信号と比較し偏差信号を出力する比較手段と、前記偏差信号に比例した比例信号の高域周波数成分を遮断しフィルタ出力信号を生成するフィルタ手段と、前記偏差信号を積分した積分信号と前記フィルタ出力信号とを一定の比率で加算し前記外乱推定信号を生成する加算手段とを含む構成としている。

【 0 0 2 8 】

この第4の解決手段による作用は、基本的に上記第3の解決手段と同様である。そして外乱推定手段にフィルタ手段を付加したことにより、ノイズを低減することができる。フィルタ手段は、比例信号の高域周波数成分を遮断してフィルタ出力信号を生成する。一方、積分信号は、偏差信号を積分する過程で高域周波数成分が遮断される。これは、積分自体が一種の高域遮断フィルタであることによる。したがって、積分信号とフィルタ出力信号とを合成して得られる高域成分を除去されたノイズの少ない信号となる。また、位置決め制御系に外乱推定手段を適用したときの制御系全体の安定性を向上させることができる。

【 0 0 2 9 】

上記第4の解決手段をディスク装置の制御方法として記述すると、次のようになる。すなわち、ディスクに予め記録されてヘッドにより検出されるサーボ情報から前記ヘッドの現在位置に対応した位置誤差信号を生成し、前記位置誤差信号に対応した位置制御信号を生成し、前記位置制御信号と前記アクチュエータ手段の駆動において発生する電圧信号とから前記電圧信号の推定である電圧推定信号を生成し、前記電圧推定信号と前記電圧信号とを比較してその差分の偏差信号を生成し、前記偏差信号を積分した積分信号と前記偏差信号に比例した比例信号の高域周波数成分を遮断したフィルタ出力信号とを一定の比率で加算することによ

り外乱推定信号を生成し、前記位置制御信号と前記外乱推定信号とを合成して前記駆動信号を生成し、前記駆動信号により前記アクチュエータ手段を駆動して前記ディスクに対する前記ヘッドの位置決めを行う。このディスク装置の制御方法によれば、上記同様の作用を発揮する。

【 0 0 3 0 】

上記の第3または第4の解決手段において、次のように構成することは好ましいものである。すなわち、前記外乱推定手段は、前記電圧検出手段の検出した電圧信号が入力される比較手段と、前記位置制御信号に第1の伝達関数からなる係数を乗算する第1の乗算手段と、前記比較手段の出力に第2の伝達関数からなる係数を乗算する第2の乗算手段と、前記比較手段の出力を積分する第1の積分手段と、前記第1の乗算手段の出力から前記第2の乗算手段の出力と前記第1の積分手段の出力との加算値を減算した値を積分する第2の積分手段とを具備し、前記比較手段が前記第2の積分手段の出力と前記電圧信号とを比較し、その差分を前記第2の乗算手段と前記第1の積分手段へ出力するように構成している。ここでの特徴は、第1の乗算手段に入力するのが位置制御信号となっている点である。

【 0 0 3 1 】

この構成による作用は次のとおりである。位置制御信号を入力する第1の乗算手段の出力は、アクチュエータ手段に作用する駆動トルクに対応した駆動トルク推定信号となる。第2の積分手段の出力は、電圧検出手段の検出した電圧信号に対する電圧推定信号となる。第2の積分手段からの電圧推定信号との差分をとる比較手段の出力する偏差信号は、第1の積分手段と第2の乗算手段に与えられる。前記の第2の乗算手段の出力と前記の第1の積分手段の出力との加算値を前記の第1の乗算手段の出力から減算して第2の積分手段に与える。前記の偏差信号を積分した積分信号と前記の偏差信号に比例した比例信号とを一定の比率で加算して得られた信号は外乱推定信号となる。

【 0 0 3 2 】

以上の結果として、生成された外乱推定信号は、アクチュエータ手段が受ける外乱を正確に推定したものに相当している。そして、このように正確に割り出し

た外乱推定信号をもって外乱を打ち消すようフィードフォワード制御を行うので、フォローイング動作において外乱に対する補償を良好に行うことができ、フォローイング動作時に外乱の変動が大きくても、目標トラックに対するヘッドの位置決め制御を安定に行い、位置決め精度を向上させることができる。

【 0 0 3 3 】

さらに、上記の解決手段で必要とした第 1 の積分手段と第 2 の乗算手段との加算を行う必要がなく、その加算のための手段を省略することが可能で、構成の簡素化をもたらすことができる。

【 0 0 3 4 】

上記において好ましい態様は、前記外乱推定手段の制御帯域が、前記位置制御手段の制御帯域よりも大きく設定されていることである。

【 0 0 3 5 】

これによる作用は次のとおりである。位置決め制御系の制御帯域を広げることには比例のゲインを大きくすることであるが、ディスク装置のセクタサーボのサンプリング周波数やがもつ固有機械共振周波数によって上限が存在することになる。これに対して、外乱推定手段ではディスク装置のセクタサーボのサンプリング周波数の影響を受けない。したがって、外乱推定手段においては、その制御帯域（推定周波数）を位置決め制御系の制御帯域よりも高く設定することができる。その結果として、より高い制御帯域にわたって、ヘッドを目標トラックに対して正確に追従させることができる。

【 0 0 3 6 】

なお、本発明は、磁気ディスク装置に適用する場合に最も有利に機能するが、必ずしも磁気ディスク装置のみに限定されるものではなく、光ディスク装置、光磁気ディスク装置など他の態様の情報記録装置に適用してもかまわない。

【 0 0 3 7 】

【発明の実施の形態】

以下、本発明にかかわるディスク装置の具体的な実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。なお、同様の機能を有するものには同一の符号を付けて説明する。

【 0 0 3 8 】

(実施の形態 1)

図 1 は本発明の実施の形態 1 にかかわるディスク装置の構成を示すブロック図である。図 1 において、符号の 1 は磁気ディスクで、スピンドルモータ（図示せず）により回転される。2 は磁気ディスク 1 に対してデータを記録再生する磁気ヘッド、3 はアームで、一端に搭載された磁気ヘッド 2 を軸受 4 の周りに回動させることにより、磁気ヘッド 2 を磁気ディスク 1 における目標トラックへ移動させる。5 はアーム 3 の後端に設けられた駆動コイル、6 は固定子（ヨーク）で、駆動コイル 5 に対向する面にはマグネット（永久磁石；図示せず）が配置されている。固定子 6 は空隙を介して対向する一对のヨークからなり、その空隙内でその少なくとも一方のヨーク側に前記マグネットが固着されている。固定子 6 に配置されたマグネットが発生する磁束と駆動コイル 5 に通電される電流が作る磁界との相互作用によりアーム 3 は回転力を受ける。アーム 3、軸受 4、駆動コイル 5、固定子 6 によりアクチュエータ 7 を構成している。

【 0 0 3 9 】

1 0 は駆動器、1 1 は駆動器 1 0 に含まれる電圧検出器で、駆動コイル 5 の両端に発生する電圧を検出し、電圧信号 E_d を出力する。1 2 は外乱推定器で、電圧検出器 1 1 の出力する電圧信号 E_d と駆動器 1 0 の入力である駆動信号 u とからアーム 3 に作用する外乱トルク τ_d を推定し、外乱推定信号 τ_{dest} を出力する。

【 0 0 4 0 】

磁気ディスク 1 の各セクタには予めサーボ情報としてトラックの位置信号が記録されており、この位置信号は磁気ヘッド 2 により読み込まれる。位置検出器 1 3 は、磁気ヘッド 2 により読み込まれた位置信号に基づいて磁気ヘッド 2 の現在位置を検出し、目標トラック位置 r との差を示す位置誤差信号 e を生成する。位置制御器 1 4 は、位置検出器 1 3 で生成された位置誤差信号 e が入力されて、増幅および位相補償が行われ、位置制御信号 c を生成する。1 5 は補正器で、位置制御器 1 4 の位置制御信号 c と外乱推定器 1 2 の外乱推定信号 τ_{dest} とが入力され、補正器 1 5 で補正演算を施して駆動信号 u を生成し、その駆動信号 u を駆動

器 1 0 へ出力する。

【 0 0 4 1 】

駆動器 1 0 は、入力された駆動信号 u に応じて駆動コイル 5 に駆動電流 I_a を通電し、アーム 3 を軸受 4 を中心に回動させる。これにより、アーム 3 の先端に取り付けられた磁気ヘッド 2 を回転移動させ、狭いトラックピッチで形成された目標トラックに対して磁気ヘッド 2 を高い精度で位置決めさせる。

【 0 0 4 2 】

ここで、特許請求の範囲の記載との対照を行うと、駆動器 1 0 が駆動手段に相当し、電圧検出器 1 1 が電圧検出手段に相当し、外乱推定器 1 2 が外乱推定手段に相当し、位置検出器 1 3 が位置検出手段に相当し、位置制御器 1 4 が位置制御手段に相当し、補正器 1 5 が補正手段に相当している。

【 0 0 4 3 】

次に、実施の形態 1 のディスク装置の位置決め制御系の動作について図 2 を用いて説明する。図 2 は、実施の形態 1 のディスク装置における位置制御系の全体構成を示すブロック線図である。

【 0 0 4 4 】

図中の一点鎖線で囲んだ部分 3 0 が外乱推定器 1 2 のブロックである。同じく一点鎖線で囲んだ部分 4 7 が補正器 1 5 のブロックであり、一点鎖線で囲んだ部分 5 5 が電圧検出器 1 1 のブロックである。なお、図 2 において、 s はラプラス演算子を表すものである。また、図 2 において、セクタサーボのサンプリングによるホールド要素については、説明を簡単にするため、これを省略してある。

【 0 0 4 5 】

図 2 において、磁気ヘッド 2 の検出した現在トラック位置を x とすれば、目標トラック位置 r に対する位置誤差信号 e は、(数 1) で表され、この位置誤差信号 e は比較器 2 0 で得られる。

【 0 0 4 6 】

【数 1】

$$e = r - x$$

図 2 のブロック 2 1 で表される位置制御器 1 4 は、比較器 2 0 から出力される

位置誤差信号 e に伝達関数 $G_x(z)$ のディジタルフィルタ処理を施し、位置制御信号 c を生成して、ブロック 4 7 で表される補正器 1 5 へ出力する。位置決め制御系は、通常の P I D 制御が施され、位置制御器 1 4 の伝達関数は、(数 2) で表現できる。

【0 0 4 7】

【数 2】

$$G_x(z) = K_x \left\{ 1 + a_d (1 - z^{-1}) + a_i \frac{z^{-1}}{1 - z^{-1}} \right\}$$

ここで、 z^{-1} は 1 サンプル遅延を示し、 K_x は位置決め制御系の比例ゲインを示す。係数 a_d 、 a_i は周波数特性を表す定数を示し、係数 a_d は微分係数、係数 a_i は積分係数である。位置制御信号 c は加算器 4 6 を経由して駆動信号 u となる。駆動信号 u は、ブロック 2 2 (伝達関数は g_m) の駆動器 1 0 において、電圧信号から g_m 倍の電流信号に変換され、駆動電流 I_a を出力する。ブロック 2 3 で表されるアクチュエータ 7 において、駆動コイル 5 に通電される駆動電流 I_a は、それが作る磁界と前述した固定子 6 のマグネットの磁束との相互作用により伝達関数 K_t で駆動トルク τ に変換される。ここで、伝達関数 K_t はアクチュエータ 7 のトルク定数である。ブロック 2 4 の伝達関数 ($L_b / J \cdot s$) は、アーム 3 に作用する駆動トルク τ から磁気ヘッド 2 の移動速度 v への伝達特性を表わす。ここで、 J はアーム 3 の慣性モーメントを示し、 L_b はアーム 3 の軸受 4 から磁気ヘッド 2 までの距離を示している。ブロック 2 5 は積分器で、伝達関数は $1 / s$ で表され、磁気ヘッド 2 の移動速度 v が現在トラック位置 x に変換される。

【0 0 4 8】

アクチュエータ 7 において、ブロック 2 6 はアクチュエータ 7 が回転することにより駆動コイル 5 の両端に発生する誘起電圧 E_a を出力し、ブロック 2 7 は駆動コイル 5 に駆動電流 I_a が通電されることにより発生する電圧降下分 ($R_a + L_a \cdot s$) $\cdot I_a$ を出力し、加算器 2 8 でそれぞれを加算することによりアクチュエータ 7 の端子電圧 V_a として出力する。すなわち、

【 0 0 4 9 】

【数 3】

$$V_a = E_a + (R_a + L_a \cdot s) \cdot I_a$$

の関係がある。ここで、 R_a は、駆動コイル 5 のコイル抵抗、 L_a は駆動コイル 5 のインダクタンスを示す。

【 0 0 5 0 】

アクチュエータ 7 の軸受摩擦やアクチュエータ 7 と電子回路基板とを接続する F P C の弾性力やディスク装置に外部から加わる衝撃や振動によりアクチュエータ 7 が受ける慣性力などのアーム 3 に作用する外乱 τ_d は、比較器 2 9 でブロック 2 4 の前段に入力される形に表現できる。

【 0 0 5 1 】

図 2 の一点鎖線で囲んだ部分のブロック 5 5 は、電圧検出器 1 1 のブロック線図を示すもので、このブロック 5 5 は、アクチュエータ 7 に含まれるブロック 2 7 の伝達関数と同じ伝達関数をもつブロック 3 9 と、減算器 3 6 を含んでいる。ブロック 3 9 は、駆動コイル 5 に駆動電流 I_a が通電されることにより発生する電圧降下分 $(R_{an} + L_{an} \cdot s) \cdot I_a$ を出力し、減算器 3 6 でアクチュエータ 7 の端子電圧 V_a から減算することにより電圧信号 E_d を出力する。

【 0 0 5 2 】

図 2 の一点鎖線で囲んだ部分のブロック 3 0 は、外乱推定器 1 2 のブロック線図を示すもので、このブロック 3 0 は、駆動器 1 0 であるブロック 2 2 の伝達関数と同じ伝達関数をもつブロック 3 2 と、アクチュエータ 7 であるブロック 2 3 の伝達関数と同じ伝達関数をもつブロック 3 3 と、ブロック 2 4 の伝達関数と同じ伝達関数をもつブロック 3 4 と、ブロック 2 6 の伝達関数と同じ伝達関数をもつブロック 3 5 を含んでいる。ブロック 3 2 とブロック 3 3 を合わせて第 1 の乗算器 4 1 を構成している。4 3 は第 1 の積分器、4 4 は第 2 の乗算器である。ブロック 3 4 とブロック 3 5 を合わせて第 2 の積分器 4 2 を構成している。ここで、ブロック 3 0 の各定数のサフィックス “n” は公称値を示し、“est” を付した変数は推定値を示す。ここで、特許請求の範囲の記載との対照を行うと、第 1 の乗算器 4 1 が第 1 の乗算手段に相当し、第 2 の乗算器 4 4 が第 2 の乗算手段に相

当し、第 1 の積分器 4 3 が第 1 の積分手段に相当し、第 2 の積分器 4 2 が第 2 の積分手段に相当し、比較器 3 7 が比較手段に相当している。また、係数 k_1 の乗算器 6 1 と係数 k_2 の乗算器 6 2 と加算器 6 3 とが加算手段に相当している。

【 0 0 5 3 】

ブロック 2 2 に入力される駆動信号 u は、外乱推定器 1 2 において第 1 の乗算器 4 1 を構成するブロック 3 2 にも入力され、ブロック 3 2 とブロック 3 3 とで $(g_{mn} \cdot K_{tn})$ 倍することによりアーム 3 に作用する駆動トルク τ と同一の駆動トルク推定信号 τ_{est} が得られる。

【 0 0 5 4 】

図 2 において、ブロック 3 4 からは速度推定信号 v_{est} が出力される。ブロック 3 5 で、速度推定信号 v_{est} を K_{vn} 倍することにより得られた誘起電圧推定信号 E_{aest} は、比較器 3 7 に入力され、実際に検出された電圧信号 E_d と比較され、その結果の偏差信号 α ($= E_{aest} - E_d$) が第 1 の積分器 4 3 と第 2 の乗算器 4 4 とに入力される。第 1 の積分器 4 3 は、偏差信号 α を積分し g_2 倍して積分信号 a を出力する。第 2 の乗算器 4 4 は、偏差信号 α を g_1 倍した比例信号 b を出力する。積分信号 a は乗算器 6 1 に入力され、 k_1 倍されて加算器 6 3 に入力される。同様に、比例信号 b は乗算器 6 2 に入力され、 k_2 倍されて加算器 6 3 に入力される。加算器 6 3 は、外乱についての外乱推定信号 τ_{dest} を出力する。すなわち、

【 0 0 5 5 】

【数 4】

$$\tau_{dest} = k_1 \cdot a + k_2 \cdot b$$

の関係がある。積分信号 a が偏差信号 α を積分 ($1/s$ 倍) したものであるのに対して、比例信号 b は偏差信号 α を実数倍したものであるもので、積分信号 a は比例信号 b に対して 90° の位相遅れをもっている。

【 0 0 5 6 】

積分信号 a と比例信号 b は、加算器 3 8 に入力される。加算器 3 8 の出力は減算器 3 1 に入力され、ブロック 3 3 の出力する駆動トルク推定信号 τ_{est} から加算器 3 8 の出力 ($a + b$) を減算した結果 γ をブロック 3 4 に出力する。

【 0 0 5 7 】

なお、第 2 の乗算器 4 4 の係数 g_1 と第 1 の積分器 4 3 の係数 g_2 は、外乱推定器 1 2 の動作を安定化するための定数であり、その詳細については後述する。

【 0 0 5 8 】

図 2 において、6 0 は高域遮断フィルタであり、ブロック 3 0 の外乱推定器 1 2 から出力される外乱推定信号 τ_{dest} に伝達関数 $F(s)$ のフィルタ処理を施し、外乱推定信号 τ_{dest} に含まれる高域成分を除去する。高域遮断フィルタ 6 0 を通過した信号は、ブロック 4 7 へ出力される。高域遮断フィルタ 6 0 は、外乱推定信号 τ_{dest} に含まれる高域成分を除去することによりノイズの少ない信号を得ることができるだけでなく、位置決め制御系に外乱推定器を適用したときの制御系全体の安定性を向上させる効果もある。

【 0 0 5 9 】

図 2 において、一点鎖線で囲んで示したブロック 4 7 は、補正器 1 5 のブロック線図である。この補正器 1 5 に含まれるブロック 4 5 は、外乱推定信号 τ_{dest} を $1 / (g_{mn} \cdot K_{tn})$ 倍することにより、アーム 3 に外乱推定信号 τ_{dest} に相当する大きさの駆動力を発生させるのに必要な駆動器 1 0 への補正信号 β を生成する。補正信号 β は加算器 4 6 において位置制御信号 c に加算される。

【 0 0 6 0 】

次に、ブロック 3 0 の外乱推定器 1 2 の動作について図 3 を参照して詳細に説明する。図 3 (a) は、図 2 のブロック 3 0 を書き直したブロック線図で、駆動信号 u の入力から外乱推定信号 τ_{dest} の出力までの伝達を示す。

【 0 0 6 1 】

ここで、図 2 の乗算器 6 1 と乗算器 6 2 の係数 k_1 , k_2 をそれぞれ、

【 0 0 6 2 】

【数 5】

$$k_1 = 1, \quad k_2 = 0$$

に設定したときについて説明する。

【 0 0 6 3 】

図 3 (b) は、図 3 (a) のブロック線図において、電圧信号 E_d の入力位置

(比較器 3 7) を等価的に変換移動することにより、図 3 (a) のブロック線図を変形したブロック線図である。ここで、説明を簡単にするため、図 2 のブロック 2 2 の g_m とブロック 3 2 の g_{mn} の値とが等しく、

【0 0 6 4】

【数 6】

$$g_m = g_{mn}$$

と仮定し、駆動電流 $I_a (= g_m \cdot u)$ と推定電流 $I_{aest} (= g_{mn} \cdot u)$ とが等しいものとした。

【0 0 6 5】

電圧信号 E_d は、大きさを $(J_n \cdot s) / (L_{bn} \cdot K_{vn})$ 倍すれば、図 3 (a) の比較器 3 7 の入力位置を図 3 (b) に示す減算器 4 8 の入力位置に等価的に移動することができる。

【0 0 6 6】

図 3 (b) の減算器 4 8 に着目すると、減算器 4 8 の出力である δ は (数 7) のように表される。

【0 0 6 7】

【数 7】

$$\delta = K_{tn} \cdot I_a - \frac{J_n \cdot s}{L_{bn} \cdot K_{vn}} E_d$$

ここで、理想的な条件として、

【0 0 6 8】

【数 8】

$$R_a = R_{an}$$

が成立するものとし、また、駆動コイル 5 のインダクタンス L_{an} は、抵抗 R_{an} に比べて小さいため、図 2 の位置決め制御系のブロック線図において、電圧検出器 1 1 に含まれるブロック 3 9 で、駆動電流 I_a が駆動コイル 5 に流れることにより発生する電圧降下分のうち、コイル抵抗 R_{an} の電圧降下分だけを考慮し、インダクタンス L_{an} の電圧降下分を無視することにする。すなわち、

【0 0 6 9】

【数 9】

$$L_a = L_{an} = 0$$

と仮定すれば、減算器 3 6 に着目し、(数 3) を代入すれば電圧信号 E_d は、(数 1 0) のように表される。

【0 0 7 0】

【数 1 0】

$$\begin{aligned} E_d &= V_a - (R_{an} + L_{an} \cdot s) \cdot I_a \\ &= E_a + (R_a + L_a \cdot s) \cdot I_a - (R_{an} + L_{an} \cdot s) \cdot I_a \\ &= E_a \end{aligned}$$

次に、図 2 の減算器 2 9、ブロック 2 4, 2 6 に着目すると、(数 1 1) の関係がある。

【0 0 7 1】

【数 1 1】

$$E_a = \frac{L_b \cdot K_v}{J \cdot s} (K_t \cdot I_a - \tau_d)$$

ここで、理想的な条件として、

【0 0 7 2】

【数 1 2】

$$K_t = K_{tn}$$

【0 0 7 3】

【数 1 3】

$$\frac{L_b \cdot K_v}{J} = \frac{L_{bn} \cdot K_{vn}}{J_n}$$

と仮定し、(数 1 0)、(数 6) を(数 7) に代入すると、(数 7) は、(数 1 4) のように変形される。

【0 0 7 4】

【数 1 4】

$$\delta = \tau_d$$

すなわち、減算器 4 8 の出力である δ は、アーム 3 に加わる外乱 τd に等しい。

【 0 0 7 5 】

したがって、図 3 (b) のブロック線図より、アーム 3 に加わる外乱 τd から外乱推定信号 $\tau dest$ までの伝達関数を求めると、(数 1 5) に示すようになる。

【 0 0 7 6 】

【数 1 5】

$$\tau dest = \frac{\frac{Lbn}{Jn} \cdot Kvn \cdot g2}{s^2 + \frac{Lbn}{Jn} \cdot Kvn \cdot g1 \cdot s + \frac{Lbn}{Jn} \cdot Kvn \cdot g2} \cdot \tau d$$

(数 1 5) から、外乱推定器 1 2 は、図 2 の一点鎖線で囲んだブロック 3 0 内のループによって、駆動信号 u と電圧信号 $E d$ とから実際の外乱 τd を 2 次遅れ系で推定できることが分かる。

【 0 0 7 7 】

ここで、2 次遅れ系の自然角周波数 (推定角周波数) を ωo 、ダンピングファクタを ξo とすれば、外乱推定器 1 2 の動作を安定化する定数 $g 1$ および $g 2$ はそれぞれ下記の (数 1 6) および (数 1 7) で表される。

【 0 0 7 8 】

【数 1 6】

$$g1 = 2\xi o \cdot \omega o \cdot \frac{Jn}{Lbn \cdot Kvn}$$

【 0 0 7 9 】

【数 1 7】

$$g2 = \omega o^2 \cdot \frac{Jn}{Lbn \cdot Kvn}$$

ここで、推定角周波数 ωo を位置制御帯域 $f c$ より十分高く設定し、ダンピングファクタ ξo を 0. 7 ~ 1 に選べば、外乱推定器 1 2 により軸受摩擦や弾性力や慣性力などの外乱 τd を正確に推定することができる。

【 0 0 8 0 】

(数 1 5) を (数 1 6) , (数 1 7) を用いて変形すると、

【 0 0 8 1 】

【 数 1 8 】

$$\tau_{dest} = \frac{\omega_0^2}{s^2 + 2\xi_0 \cdot \omega_0 \cdot s + \omega_0^2} \cdot \tau_d$$

となる。すなわち、図 3 (a) の外乱推定器 1 2 のブロック線図は、図 3 (c) のブロック 5 2 に示すように簡略化することができる。

【 0 0 8 2 】

次に、ブロック 4 7 で示す補正器 1 5 の動作について、図 4 を参照して詳細に説明する。

【 0 0 8 3 】

図 2 の一点鎖線で囲んだ部分のブロック 4 7 は、補正器 1 5 のブロック線図を示す。ブロック 4 5 は、外乱推定信号 τ_{dest} を $1 / (g_{mn} \cdot K_{tn})$ 倍した補正信号 β を加算器 4 6 へ出力する。すなわち、外乱推定信号 τ_{dest} を $1 / (g_{mn} \cdot K_{tn})$ 倍することにより、アクチュエータ 7 に外乱推定信号 τ_{dest} に相当する大きさの駆動力を発生させるに必要な補正信号 β を加算器 4 6 へ出力させる。さらに補正信号 β は、ブロック 2 2 とブロック 2 3 とにより $g_{mn} \cdot K_{tn}$ 倍されることから、大きさを合わせるために前もって、外乱推定信号 τ_{dest} を $1 / (g_{mn} \cdot K_{tn})$ 倍している。

【 0 0 8 4 】

以上をまとめると、アクチュエータ 7 の軸受摩擦やアクチュエータ 7 と電子回路基板とを接続する F P C の弾性力やディスク装置に外部から加わる衝撃や振動によりアクチュエータ 7 が受ける慣性力などによる外乱 τ_d を打ち消すように、外乱推定信号 τ_{dest} をアクチュエータ 7 に作用させるように構成されているといえることができる。

【 0 0 8 5 】

図 4 (a) は、図 2 のブロック線図において、補正器 1 5 の動作に関連する加算器 4 6 から比較器 2 9、ブロック 2 4 までの部分を抜き出したブロック線図で

ある。図 4 (b) は、比較器 2 9 に加わる外乱 τd とブロック 5 2 に加わる外乱 τd とを、1 つの τd にまとめたブロック線図である。なお、図 2 のブロック線図と同一の機能を有するものについては同一の符号を付して重複した説明は省略する。

【0 0 8 6】

図 4 (a) のブロック線図において、ブロック 5 2 は図 3 (c) のブロック 5 2 に相当し、(数 1 5) で表わされる伝達関数を有する。

【0 0 8 7】

したがって、図 4 (b) よりアーム 3 に外部から加わる外乱 τd は、(数 1 9) の伝達関数で表されるフィルタを通してヘッド位置制御系に加わるものと考えることができる。

【0 0 8 8】

【数 1 9】

$$G_d(s) = 1 - \frac{\omega_o^2}{s^2 + 2\xi_o \cdot \omega_o \cdot s + \omega_o^2}$$

$$= \frac{s^2 + 2\xi_o \cdot \omega_o \cdot s}{s^2 + 2\xi_o \cdot \omega_o \cdot s + \omega_o^2}$$

図 5 は、(数 1 9) で表される伝達関数 $G_d(s)$ の周波数特性を折れ線近似で示したものである。図 5 に示す伝達関数 $G_d(s)$ の周波数特性から角周波数 ω_o より低い角周波数では、ゲインは 0 d B 以下であり、角周波数 ω の下降に伴って、 $-20 \text{ d B} / \text{dec}$ (ディケード) の減衰比で減衰している。dec は 10 倍を意味する。すなわち、伝達関数 $G_d(s)$ は、図 5 より、角周波数 ω_o より低い周波数を抑制することができる低域遮断フィルタ特性を有している。

【0 0 8 9】

すなわち、実施の形態 1 のディスク装置は、アーム 3 に軸受摩擦や弾性力や慣性力などによる外乱 τd が作用しても、この外乱 τd を外乱推定器 1 2 により推定し、外乱推定信号 τ_{dest} でもって外部から加わった外乱 τd を打ち消すように制御する。したがって、外部から加わった外乱 τd が、あたかも (数 1 9) および図 5 の遮断周波数特性を有するフィルタを通してヘッド位置決め制御系に加わっ

たように作用する。

【 0 0 9 0 】

したがって、実施の形態 1 のディスク装置では角周波数 ω_0 以下の周波数においては、1 次の低域遮断特性でアクチュエータ 7 が受ける外乱を抑制することができる。ここで外乱は、アクチュエータ 7 の軸受摩擦や、アクチュエータ 7 と電子回路基板とを接続する F P C の弾性力や、ディスク装置に外部から加わる衝撃や振動に起因してアクチュエータ 7 が受ける慣性力などである。

【 0 0 9 1 】

すなわち、実施の形態 1 のディスク装置は、外部からアクチュエータ 7 に外乱 τ_d が作用しても、この外乱 τ_d を外乱推定器 1 2 により推定し、外乱 τ_d を打ち消すように制御するので、あたかもディスク装置に機械的な防振機構を施したような効果がある。

【 0 0 9 2 】

図 6 は、実施の形態 1 のディスク装置の外乱推定器 1 2 の外乱抑制効果について、図 2 の乗算器 6 1 と乗算器 6 2 の係数 k_1 , k_2 をそれぞれ、 $k_1 = 1$, $k_2 = 0$ に設定したときの動作について、さらに詳しく説明するための時間応答波形図である。

【 0 0 9 3 】

図 6 (a) は、ディスク装置に外部から正弦波状の回転振動が加わったときに、アクチュエータ 7 が受ける慣性力の外乱 τ_d の波形 7 1 (破線参照) と、外乱推定器 1 2 が出力する外乱推定信号 τ_{dest} の波形 7 2 (実線参照) を示す。

【 0 0 9 4 】

ここで、(数 1 6) および (数 1 7) の制御パラメータ g_1 , g_2 を決定する推定周波数 f_0 ($\omega_0 = 2 \pi f_0$) とダンピングファクタ ξ_0 の値をそれぞれ、1 k H z および 1 に設定し、位置制御系の制御帯域を 8 0 0 H z に設定し、外乱は周波数 1 0 0 H z の振幅一定の正弦波としてシミュレーションを行った。

【 0 0 9 5 】

外乱推定器 1 2 は、駆動器 1 0 に対する入力である駆動信号 u と電圧検出器 1 1 が出力する電圧信号 E_d からアクチュエータ 7 に作用する外乱トルク τ_d を推定

し、わずかの時間遅れは存在するが、実際の外乱 τd とほぼ相似の外乱推定信号 $\tau dest$ を出力する。

【 0 0 9 6 】

図 6 (b) は、外乱推定器 1 2 の出力する外乱推定信号 $\tau dest$ を補正器 1 5 に入力して外乱の変動を打ち消すように外乱推定信号 $\tau dest$ をアクチュエータ 7 に作用させた場合の位置誤差信号 e の波形 7 4 (実線参照) と、外乱推定器 1 2 を適用しない場合の位置誤差信号 e の波形 7 3 (破線参照) のシミュレーション結果を示す。外部から正弦波状の回転振動がディスク装置に加わっても、外乱推定器 1 2 を適用することにより、波形 7 4 のように位置誤差信号 e は大きく変動せず、外乱推定器 1 2 を適用しない場合の波形 7 3 と比較して約 $1/3$ 倍に外乱抑制効果が改善されている。

【 0 0 9 7 】

以上の基礎的技術内容については、実は本出願人は既に特許出願の提案を行っている (特開 2 0 0 2 - 4 2 4 3 4 号公報参照)。以上で本題に入る前の準備の説明を終える。次に、本題の説明に入る。

【 0 0 9 8 】

図 7 は、実施の形態 1 のディスク装置の外乱推定器 1 2 の動作をさらに詳細に説明するために示すベクトル図である。外乱推定信号 $\tau dest$ が (数 4) の関係式より求められることを考慮して、実際の外乱 τd と積分信号 a 、比例信号 b および外乱推定信号 $\tau dest$ の位相関係を示す。

【 0 0 9 9 】

上記の基礎的技術内容では、図 2 の乗算器 6 1 と乗算器 6 2 の係数 k_1 , k_2 をそれぞれ、 $k_1 = 1$, $k_2 = 0$ に設定した。その場合に、外乱推定信号 $\tau dest$ は、(数 4) より、

【 0 1 0 0 】

【数 2 0】

$$\tau dest = a$$

となり、積分信号 a が外乱推定信号 $\tau dest$ に等しくなる。

【 0 1 0 1 】

また、 $k_1 = 1$ 、 $k_2 = 0$ に設定した場合には、（数 1 5）から、外乱推定器 1 2 は、実際の外乱 τd を 2 次遅れ系で推定するので、外乱推定信号 $\tau dest$ の位相は、実際の外乱 τd の位相より θ だけ位相が遅れている。積分信号 a は、偏差信号 α を積分して得られた信号で、比例信号 b は、偏差信号 α に比例した信号である。したがって、比例信号 b は積分信号 a に比べて位相が 9 0 度進んでいる。積分信号 a は、実際の外乱 τd に比べて位相が θ だけ遅れているので、比例信号 b が積分信号 a より位相が 9 0 度進んでいることを利用し、（数 4）より係数 k_1 、 k_2 を適当に設定することにより、外乱推定信号 $\tau dest$ を実際の外乱 τd に近づけるのである（図 7 参照）。この考え方が本発明の骨子である。

【 0 1 0 2 】

図 8 は、実施の形態 1 のディスク装置の外乱推定器 1 2 の外乱抑制効果について、図 2 の乗算器 6 1 と乗算器 6 2 の係数 k_1 、 k_2 をそれぞれ、 $k_1 = 1$ 、 $k_2 = 0.7$ （一例）に設定したときの時間応答波形図である。

【 0 1 0 3 】

図 8（a）は、図 6（a）の場合と同様、ディスク装置に外部から正弦波状の回転振動が加わったときに、アクチュエータ 7 が受ける慣性力の外乱 τd の波形 7 1（破線参照）と、外乱推定器 1 2 が出力する外乱推定信号 $\tau dest$ の波形 7 5（実線参照）を示す。

【 0 1 0 4 】

外乱推定信号 $\tau dest$ の波形 7 5 は、積分信号 a を k_1 倍した信号に、位相が 9 0 度進んだ比例信号 b を k_2 倍した信号を加算して生成しているので、実際の外乱 τd の波形 7 1 に対する位相遅れは、 $k_2 = 0$ に設定した図 6（a）の波形 7 2 に比べて少なくなっている。

【 0 1 0 5 】

図 8（b）は、このようにして得られた外乱推定器 1 2 の出力する外乱推定信号 $\tau dest$ を補正器 1 5 に入力して外乱の変動を打ち消すように外乱推定信号 $\tau dest$ をアクチュエータ 7 に作用させた場合の位置誤差信号 e の波形 7 6 のシミュレーション結果を示す。図 6 の場合と比べて、外乱 τd をより正確に推定することができるので、図 8（b）の波形 7 6 は、図 6（b）の波形 7 4 と比較してさら

に約 1 / 2 倍に外乱抑制効果が改善されている。

【 0 1 0 6 】

その結果、実施の形態 1 のディスク装置は、外乱推定器 1 2 により、外部から加わる衝撃や振動によりアクチュエータ 7 が受ける慣性力などによる外乱を正確に検出することができ、外乱によるトラックずれを抑制することができ、磁気ヘッド 2 は目標トラックに高精度に位置決め制御される。したがって、実施の形態 1 のディスク装置は、衝撃や振動に対して安定なトラッキング制御が可能で、ディスク装置の信頼性を向上させることができる。

【 0 1 0 7 】

なお、上述した実施の形態 1 のディスク装置では、外乱推定器 1 2 に対する一方の入力信号としてブロック 4 7 から出力される駆動信号 u を入力するように構成したが、駆動信号 u の代わりにブロック 2 2 から出力される駆動器の出力する駆動電流 I_a を用いても同様の効果を得ることができることは言うまでもない。

【 0 1 0 8 】

(実施の形態 2)

図 9 は本発明の実施の形態 2 にかかわるディスク装置を構成する外乱推定器 1 2 の具体的構成を示すブロック線図である。なお、実施の形態 1 の場合の図 2 に示したブロック 3 0 と同一の機能を有するものについては同一の参照符号を付して重複した説明は省略する。

【 0 1 0 9 】

図 2 のブロック 3 0 では、比例信号 b は、乗算器 6 2 で k_2 倍されて加算器 6 3 に入力されていたが、図 9 では、比例信号 b は、伝達関数が $F_b(s)$ である高域遮断フィルタ 6 4 を介して乗算器 6 2 へ入力されている。

【 0 1 1 0 】

図 1 0 は、実施の形態 2 の外乱推定器 1 2 の外乱抑制効果について、図 9 の乗算器 6 1 と乗算器 6 2 の係数 k_1 , k_2 をそれぞれ、 $k_1 = 1$, $k_2 = 1$ に設定し (一例)、高域遮断フィルタ 6 4 の遮断周波数 f_b を、 $f_b = 500 \text{ Hz}$ に設定したときの時間応答波形図である。

【 0 1 1 1 】

図 1 0 (a) は、ディスク装置に外部から正弦波状の回転振動が加わったときに、アクチュエータ 7 が受ける慣性力の外乱 τ_d の波形 7 1 (破線参照) と、外乱推定器 1 2 が出力する外乱推定信号 τ_{dest} の波形 7 7 (実線参照) を示す。

【 0 1 1 2 】

ここで、推定周波数 f_o ($\omega_o = 2\pi f_o$) とダンピングファクタ ζ_o の値を図 8 の場合と同様、それぞれ 1 k H z および 1 に設定し、位置制御系の制御帯域を 8 0 0 H z に設定し、外乱は周波数 1 0 0 H z の振幅一定の正弦波としてシミュレーションを行った。

【 0 1 1 3 】

外乱推定器 1 2 は、駆動器 1 0 に対する入力である駆動信号 u と電圧検出器 1 1 が出力する電圧信号 E_d からアクチュエータ 7 に作用する外乱トルク τ_d を推定し、大きさはわずかに大きい、時間遅れはほとんど存在しない、実際の外乱 τ_d とほぼ相似の外乱推定信号 τ_{dest} を出力する。

【 0 1 1 4 】

図 1 0 (b) は、外乱推定器 1 2 の出力する外乱推定信号 τ_{dest} を補正器 1 5 に入力して外乱の変動を打ち消すように外乱推定信号 τ_{dest} をアクチュエータ 7 に作用させた場合の位置誤差信号 e の波形 7 8 のシミュレーション結果を示す。外部から正弦波状の回転振動がディスク装置に加わっても、外乱推定器 1 2 を適用することにより、図 1 0 (b) の波形 7 8 のように位置誤差信号 e は殆ど変動しない。また、図 8 の場合と比べても外乱 τ_d を位相遅れなく、より正確に推定することができるので、図 1 0 (b) の波形 7 8 は、図 8 (b) の波形 7 6 と比較して、外乱抑制効果をさらに約 1 / 3 に改善している。

【 0 1 1 5 】

また、図 9 に示す外乱推定器 1 2 を使用する場合には、図 2 に示すような高域遮断フィルタ 6 0 は特に必要ではない。その理由は、図 9 において、加算器 6 3 に加えられる信号のうち、積分信号 a は偏差信号 α が第 1 の積分器 4 3 で積分された信号であり、積分器自体が一種の高域遮断フィルタであるため、加算器 6 3 に入力される信号は高域成分を除去されたノイズの少ない信号となる。一方、同じく加算器 6 3 に入力される比例信号 b は、図 9 の高域遮断フィルタ 6 4 を介し

て入力されているので、加算器 6 3 で合成された外乱推定信号 τ_{dest} も高域成分を除去されたノイズの少ない信号となる。したがって、図 9 に示す外乱推定器 1 2 を使用する場合には、図 2 の位置制御系において、高域遮断フィルタ 6 0 は特に必要ではない。

【 0 1 1 6 】

その結果、実施の形態 2 のディスク装置は、外乱推定器 1 2 によりアクチュエータ 7 が受ける外乱を正確に検出し、外乱によるトラックずれを抑制できるので、磁気ヘッド 2 は狭いトラックピッチで形成された目標トラックに高精度に位置決め制御される。したがって、衝撃や振動に対して安定なトラッキング制御が可能で、ディスク装置の信頼性を向上させることができる。

【 0 1 1 7 】

なお、上記では、外乱推定器 1 2 に対する一方の入力信号としてブロック 4 7 から出力される駆動信号 u を入力するように構成したが、駆動信号 u の代わりにブロック 2 2 から出力される駆動器 1 0 の出力する駆動電流 I_a を用いても同様の効果を得ることができることは言うまでもない。

【 0 1 1 8 】

(実施の形態 3)

図 1 1 は本発明の実施の形態 3 にかかわるディスク装置の構成を示すブロック図である。図 1 2 は、実施の形態 3 のディスク装置におけるヘッド位置決め制御系の全体構成を示すブロック線図である。なお、前述の実施の形態 1 と同一の機能を有するものについては同一の参照符号を付して重複した説明は省略する。

【 0 1 1 9 】

図 1 1 に示す実施の形態 3 のディスク装置において、図 1 の実施の形態 1 と異なるところは、外乱推定器 1 6 に入力される信号である。すなわち、図 1 の実施の形態 1 では、電圧検出器 1 1 の生成する電圧信号 E_d と駆動信号 u とが外乱推定器 1 2 へ入力される構成であったが、図 1 1 の実施の形態 3 では、電圧検出器 1 1 の生成する電圧信号 E_d と位置制御器 1 4 の生成する位置制御信号 c とが外乱推定器 1 6 に入力されるように構成されている。すなわち、駆動信号 u に代えて位置制御信号 c が用いられている。

【 0 1 2 0 】

図 1 1 の外乱推定器 1 6 で生成された外乱推定信号 τ_{dest} は、補正器 1 5 に入力される。補正器 1 5 は、位置制御器 1 4 の出力する位置制御信号 c と外乱推定器 1 6 の外乱推定信号 τ_{dest} とを入力し、補正演算を施した後、駆動信号 u を駆動器 1 0 へ出力する。

【 0 1 2 1 】

図 1 2 の一点鎖線で囲んだ部分のブロック 8 0 が外乱推定器 1 6 のブロック線図である。外乱推定器 1 6 には、加算器 2 8 の出力である電圧検出器 1 1 の生成する電圧信号 E_d とブロック 2 1 で表される位置制御器 1 4 の生成する位置制御信号 c とが入力される。

【 0 1 2 2 】

なお、図 1 2 において、ブロック 3 2 とブロック 3 3 を合わせて第 1 の乗算器 4 1 を構成している。4 3 は第 1 の積分器、4 4 は第 2 の乗算器である。ブロック 3 4 とブロック 3 5 を合わせて第 2 の積分器 4 2 を構成している。

【 0 1 2 3 】

このように構成された実施の形態 3 のディスク装置における外乱推定器 1 6 の動作について、前述の実施の形態 1 の外乱推定器 1 2 の動作と比較して図 2 および図 1 2 を参照しつつ説明する。

【 0 1 2 4 】

まず、図 2 において、実施の形態 1 の外乱推定器 1 2 を構成する第 2 の積分器 4 2 の入力を r とすれば、信号 r は、加算器 3 8 および減算器 3 1 に着目して、

【 0 1 2 5 】

【数 2 1】

$$\begin{aligned} r &= \tau_{est} - (a + b) \\ &= g_{mn} \cdot K_{tn} \cdot u - (a + b) \end{aligned}$$

と表現できる。ここで、簡単のために高域遮断フィルタ 6 0 は接続せず、(数 6) と (数 1 2) が成立するものとする。

【 0 1 2 6 】

ところで、駆動信号 u は、図 2 の加算器 4 6 に着目して (数 2 2) で表わされる。

【0 1 2 7】

【数 2 2】

$$\begin{aligned} u &= c + \beta \\ &= c + \frac{1}{g_{mn} \cdot K_{tn}} \cdot \tau_{dest} \\ &= c + \frac{1}{g_{mn} \cdot K_{tn}} \cdot (k_1 \cdot a + k_2 \cdot b) \end{aligned}$$

したがって、(数 2 1) および (数 2 2) より、信号 r は、(数 2 3) で表わすことができる。

【0 1 2 8】

【数 2 3】

$$\begin{aligned} r &= g_{mn} \cdot K_{tn} \cdot c + k_1 \cdot a + k_2 \cdot b - (a + b) \\ &= g_{mn} \cdot K_{tn} \cdot c - (1 - k_1) \cdot a - (1 - k_2) \cdot b \end{aligned}$$

(数 2 3) をもとにして、図 2 に示す実施の形態 1 の外乱推定器 1 2 のブロック線図 3 0 を書き換えると、図 1 2 に示す外乱推定器 1 6 のブロック線図 8 0 のようになる。図 1 2 に示すように、位置制御器 1 4 (ブロック 2 1) の生成する位置制御信号 c が乗算器 3 2 に入力され、乗算器 3 2 の出力は乗算器 3 3 に入力されている。このため、位置制御信号 c に係数 ($g_{mn} \cdot K_{tn}$) を乗算することにより駆動トルク推定信号 τ_{est} を求めることができる。

【0 1 2 9】

一方、外乱推定信号 τ_{dest} は、ブロック 4 7 で表される補正器 1 5 に入力される。したがって、前述の実施の形態 1 と同様に、外乱推定器 1 6 の働きにより、電圧検出器 1 1 の生成する電圧信号 E_d と位置制御器 1 4 の生成する位置制御信号 c とからアーム 3 に作用する外乱 τ_d を推定し、外乱推定信号 τ_{dest} を出力する。外乱推定信号 τ_{dest} はアーム 3 に作用する外乱 τ_d を打ち消すように補正器

15に入力される。

【0130】

その結果、外乱推定器16によりアクチュエータ7が受ける外乱 τd を正確に検出し、外乱推定信号 $\tau dest$ をもって外乱 τd を打ち消すように制御する。実施の形態1と同様、外乱 τd が、あたかも（数19）および図5の遮断周波数特性を有するフィルタを通して位置決め制御系に加わったように作用する。角周波数 ω_0 以下の周波数においては、1次の低域遮断特性で外乱を抑制でき、外乱によるトラックずれを抑制できるので、磁気ヘッド2は狭いトラックピッチで形成された目標トラックに高精度に位置決め制御される。したがって、衝撃や振動に対して安定なトラッキング制御が可能で、ディスク装置の信頼性を向上させることができる。

【0131】

さらに、実施の形態3のディスク装置においては、係数 k_1 を $k_1 = 1$ に設定した場合には、図12において、ブロック61の係数は1となり、結果的にブロック61は不要となる。さらに、ブロック81の係数は0となり、減算器31には乗算器82を介しての比例信号 b だけが入力されることになり、ブロック81および加算器83は省略できる。ブロックを省略した形態を図13に示す。

【0132】

このように乗算器の数および加算器の数を削減することにより、位置制御系をアナログ回路などのハードウェアで実現する場合には、回路の調整を簡単化できる。また、位置制御系をソフトウェアで実現する場合には、演算処理による演算時間遅れを短縮することが可能となる。

【0133】

（実施の形態4）

図14は本発明の実施の形態4にかかわるディスク装置を構成する外乱推定器16の他の構成例を示すブロック線図である。なお、前述の図11に示したブロック80と同一の機能を有するものについては同一の参照符号を付して重複した説明は省略する。

【0134】

前述の図 1 2 に示したブロック 8 0 と異なるのは次の点である。図 1 2 では、第 2 の乗算器 4 4 で偏差信号 α を g_1 倍して比例信号 b を生成し、さらに乗算器 6 2 で k_2 倍して加算器 6 3 に入力していた。これに対して、図 1 4 では、第 2 の乗算器 4 4 で偏差信号 α を g_1 倍して生成した比例信号 b を、伝達関数が $F_b(s)$ の高域遮断フィルタ 8 4 を介して乗算器 6 2 へ入力する。また、図 1 2 では、乗算器 8 2 で比例信号 b を $(1 - k_2)$ 倍して加算器 8 3 に入力していた。これに対して、図 1 4 では、乗算器 8 5 で比例信号 b を $(1 - k_2 \cdot F_b(s))$ 倍して加算器 8 3 へ入力する。

【 0 1 3 5 】

また、図 1 4 に示す外乱推定器 1 6 を使用する場合には、図 1 2 に示すような高域遮断フィルタ 6 0 は特に必要ではない。その理由は、図 1 4 において、加算器 6 3 に加えられる信号のうち、積分信号 a は偏差信号 α を第 1 の積分器 4 3 で積分された信号であり、積分器自体が一種の高域遮断フィルタであるため加算器 6 3 に入力される信号は高域成分を除去されたノイズの少ない信号となる。一方、同じく加算器 6 3 に入力される比例信号 b は、図 1 4 の高域遮断フィルタ 8 4 を介して入力されているので、加算器 6 3 で合成された外乱推定信号 τ_{dest} も高域成分を除去されたノイズの少ない信号となる。したがって、図 1 4 に示す外乱推定器 1 6 を使用する場合には、図 1 2 の位置制御系において、高域遮断フィルタ 6 0 は特に必要ではない。

【 0 1 3 6 】

その結果、実施の形態 4 のディスク装置は、外乱推定器 1 6 によりアクチュエータ 7 が受ける外乱を正確に検出し、外乱によるトラックずれを抑制することができるので、磁気ヘッド 2 は目標トラックに高精度に位置決め制御される。したがって、衝撃や振動に対して安定なトラッキング制御が可能で、ディスク装置の信頼性を向上させることができる。

【 0 1 3 7 】

さらに、実施の形態 4 のディスク装置においては、係数 k_1 を $k_1 = 1$ に設定した場合には、図 1 4 において、ブロック 6 1 の係数は 1 となり、結果的にブロック 6 1 は不要となる。さらに、ブロック 8 1 の係数は 0 となり、減算器 3 1 には

乗算器 8 5 を介して比例信号 b だけとなり、ブロック 8 1 および加算器 8 3 は省略できる。ブロックを省略した形態を図 1 5 に示す。

【0 1 3 8】

このように乗算器の数および加算器の数を削減したことにより、位置制御系をアナログ回路などのハードウェアで実現する場合には、回路の調整を簡単化できる。また、位置制御系をソフトウェアで実現する場合には、演算処理による演算時間遅れを短縮することが可能である。

【0 1 3 9】

以上で 4 つの実施の形態について説明した。次に、乗算器 6 1 の係数 k_1 と乗算器 6 2 の係数 k_2 との関係を考察する。外乱 τ_d や外乱推定信号 τ_{dest} は、ベクトルであり、複素数としても表現することができる。

【0 1 4 0】

複素数とその偏角 (argument) の関係を図 1 6 で説明する。複素数 $z = x + jy$ (j は虚数単位) の偏角 θ は、

【0 1 4 1】

【数 2 4】

$$\theta = \angle (x + jy) = \tan^{-1} \frac{y}{x}$$

次に、図 1 7 に基づいて外乱 τ_d に対する外乱推定信号 τ_{dest} の位相ずれの関係を説明する。

【0 1 4 2】

$k_1 = 1$ 、 $k_2 = 0$ に設定したときの外乱推定信号 τ_{dest} を表す (数 1 8) について、外乱 τ_d のある一定の角周波数 $\omega_d (= 2\pi \cdot f_d)$ に対する位相遅れ θ_1 を求めると、

【0 1 4 3】

【数 2 5】

$$\begin{aligned}
 \theta 1 &= \angle \left[\frac{\omega_o^2}{s^2 + 2\xi_o \cdot \omega_o \cdot s + \omega_o^2} \right]_{s=j\omega_d} \\
 &= \angle \left[\frac{\omega_o^2}{\omega_o^2 - \omega_d^2 + j \cdot 2\xi_o \cdot \omega_o \cdot \omega_d} \right] \\
 &= \angle \left[\frac{\omega_o^2}{\omega_o^2 - \omega_d^2 + (2\xi_o \cdot \omega_o \cdot \omega_d)^2} \cdot \right. \\
 &\quad \left. \{ (\omega_o^2 - \omega_d^2) - j \cdot 2\xi_o \cdot \omega_o \cdot \omega_d \} \right] \\
 &= \tan^{-1} \left[- \frac{2\xi_o \cdot \omega_o \cdot \omega_d}{\omega_o^2 - \omega_d^2} \right]
 \end{aligned}$$

となる。これは、基礎的技術の外乱推定器の場合の位相遅れ（符号はマイナス）を示すもので、

【0 1 4 4】

【数 2 6】

$$\begin{aligned}
 \tau_{dest} &= a \\
 &= \frac{g^2}{s} \cdot \alpha
 \end{aligned}$$

とした場合である。

【0 1 4 5】

次に、係数 k_1 , k_2 のいずれもゼロでない本発明においては、（数 4）と図 2 または図 1 2 より、

【0 1 4 6】

【数 2 7】

$$\tau_{\text{dest}} = \left(k_1 \cdot \frac{g_2}{s} + k_2 \cdot g_1 \right) \cdot \alpha$$

となる。ところで、一般に、

【0 1 4 7】

【数 2 8】

$$z_1 = x_1 + j \cdot y_1 = r_1 (\cos \phi_1 + j \cdot \sin \phi_1)$$

【0 1 4 8】

【数 2 9】

$$z_2 = x_2 + j \cdot y_2 = r_2 (\cos \phi_2 + j \cdot \sin \phi_2)$$

【0 1 4 9】

【数 3 0】

$$\frac{z_2}{z_1} = \frac{r_2}{r_1} \left\{ \cos (\phi_2 - \phi_1) + j \cdot \sin (\phi_2 - \phi_1) \right\}$$

である。したがって、複素数 z_1 から複素数 z_2 までの改善角 θ_2 は、複素数 (z_2 / z_1) の偏角に相当する。(数 1 6)、(数 1 7) の関係を利用して、改善角 θ_2 を求めると、

【0 1 5 0】

【数 3 1】

$$\begin{aligned}
 \theta 2 &= \angle \left[\frac{k_1 \cdot \frac{g_2}{s} + k_2 \cdot g_1}{\frac{g_2}{s}} \right]_{s=j\omega d} \\
 &= \angle \left[k_1 + k_2 \cdot \frac{g_1}{g_2} \cdot s \right]_{s=j\omega d} \\
 &= \angle \left[k_1 + k_2 \cdot \frac{2\xi_0}{\omega_0} \cdot s \right]_{s=j\omega d} \\
 &= \angle \left[k_1 + j \cdot \frac{k_2 \cdot 2\xi_0 \cdot \omega d}{\omega_0} \right] \\
 &= \tan^{-1} \left[\frac{k_2 \cdot 2\xi_0 \cdot \omega d}{k_1 \cdot \omega_0} \right]
 \end{aligned}$$

外乱 τd に対する外乱推定信号 τ_{dest} の位相遅れをゼロにするには、（数 2 5）、（数 3 1）の比較により、係数 k_1 、 k_2 の比を、

【0 1 5 1】

【数 3 2】

$$\frac{k_2}{k_1} = \frac{\omega_0^2}{\omega_0^2 - \omega d^2}$$

とすればよい。このとき、外乱推定信号 τ_{dest} の位相は外乱 τd の位相と一致する。すなわち、外乱推定信号 τ_{dest} は、外乱 τd をきわめて正確に推定したものとなる。

【0 1 5 2】

制御系の制御帯域が例えば 800 Hz のときに、2 次遅れ系の推定周波数 f_0 ($\omega_0 = 2\pi f_0$) を 800 Hz よりも大きい例えば 1 kHz に設定し、外乱 τd

の周波数 f_d ($\omega_d = 2\pi f_d$) を 100 Hz とした場合は、係数 k_1 , k_2 の比は

【0 1 5 3】

【数 3 3】

$$\frac{k_2}{k_1} \doteq 1.01$$

となる（一例）。このとき、外乱推定信号 τ_{dest} の位相は外乱 τ_d の位相と一致する。

【0 1 5 4】

なお、図 2 のブロック 3 0 および図 1 2 のブロック 8 0 のように構成された外乱推定器 1 2 および外乱推定器 1 6 においては、ディスク装置のセクタサーボのサンプリング周波数の影響を受けない。したがって、外乱推定器の制御帯域は、位置決め制御系の制御帯域よりも高く設定することができる。

【0 1 5 5】

なお、上述してきた各実施の形態では、乗算器や積分器はアナログ・フィルタで構成するもので説明したが、デジタル・フィルタで構成することも可能である。さらに、各実施の形態の位置制御系を構成する各部についてはマイクロコンピュータによるソフトウェアにより実現するようにしてもよい。

【0 1 5 6】

なお、以上説明した各実施の形態では磁気ディスク装置で説明したが、本発明は、これに限定されるものではなく、光ディスク装置、光磁気ディスク装置など他の態様の情報記録装置にも適用してもかまわない。

【0 1 5 7】

【発明の効果】

以上のように本発明によれば、外乱推定手段が生成する外乱推定信号は、電圧推定信号と電圧信号との偏差信号の積分信号と偏差信号の比例信号とを一定の比率で加算したものであり ($\tau_{dest} = k_1 \cdot g_2 \cdot \alpha / s + k_2 \cdot g_1 \cdot \alpha$)、実際の外乱に対してより近づけることができる。その結果、アクチュエータ手段に作用する軸受摩擦や弾性力や慣性力などの外乱に対する補償を充分良好に行うことがで

き、目標トラックに向かうフォローイング動作時にアクチュエータ手段に作用する外乱の変動が大きくても、ヘッドの目標トラックへの位置決め制御を安定に行うことができる。したがって、アクチュエータ手段の小型軽量化によりアクチュエータ手段に作用する外乱が位置決め制御系に与える影響が大きくなっても、十分に高いヘッドの位置決め精度で対応することが可能で、トラック密度を高めて大容量のディスク装置を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の実施の形態 1 にかかわる磁気ディスク装置の構成を示すブロック図

【図 2】 本発明の実施の形態 1 の位置決め制御系の全体構成を示すブロック線図

【図 3】 本発明の実施の形態 1 の外乱推定器の外乱推定動作を説明するためのブロック線図 (a) と、(a) のブロック線図を等価変換したブロック線図 (b) と、(a) のブロック線図をまとめて表現したブロック線図

【図 4】 本発明の実施の形態 1 のディスク装置に加わる外乱を抑制する動作を説明するためのブロック線図 (a) と、(a) のブロック線図を等価変換したブロック線図 (b)

【図 5】 本発明の実施の形態 1 のディスク装置に加わる外乱に対する遮断周波数特性図

【図 6】 本発明の実施の形態 1 のディスク装置に加わる外乱の変動と係数 k_1 , k_2 をそれぞれ 1, 0 に設定したときの外乱推定器が出力する外乱推定信号の時間波形図 (a) と、外乱推定器の出力する外乱推定信号を補正器に入力する場合と補正器に入力しない場合のトラック誤差の時間波形図 (b)

【図 7】 本発明の実施の形態 1 の外乱推定器の動作を説明するための各信号波形の位相関係を示すベクトル図

【図 8】 本発明の実施の形態 1 のディスク装置に加わる外乱の変動と係数 k_1 , k_2 をそれぞれ 1, 0.7 に設定したときの外乱推定器が出力する外乱推定信号の時間波形図 (a) と、外乱推定器の出力する外乱推定信号を補正器に入力して外乱の変動を打ち消した場合のトラック誤差の時間波形図 (b)

【図 9】 本発明の実施の形態 2 にかかわる磁気ディスク装置を構成する外乱推定器の構成を示すブロック線図

【図 1 0】 本発明の実施の形態 2 のディスク装置に加わる外乱の変動と係数 k_1 , k_2 をそれぞれ 1, 1 に設定し、かつ高域遮断周波数 f_b を 5 0 0 H z に設定したときの外乱推定器が出力する外乱推定信号の時間波形図 (a) と、外乱推定器の出力する外乱推定信号を補正器に入力して外乱の変動を打ち消した場合のトラック誤差の時間波形図 (b)

【図 1 1】 本発明の実施の形態 3 にかかわる磁気ディスク装置の構成を示すブロック図

【図 1 2】 本発明の実施の形態 3 の位置決め制御系の全体構成を示すブロック線図

【図 1 3】 図 1 2 から不要なブロックを省略した形態を示すブロック線図

【図 1 4】 本発明の実施の形態 4 にかかわる磁気ディスク装置を構成する外乱推定器の構成を示すブロック線図

【図 1 5】 図 1 2 から不要なブロックを省略した形態を示すブロック線図

【図 1 6】 複素数とその偏角の関係を示す図

【図 1 7】 外乱 τ_d に対する外乱推定信号 τ_{dest} の位相ずれの関係を説明する図

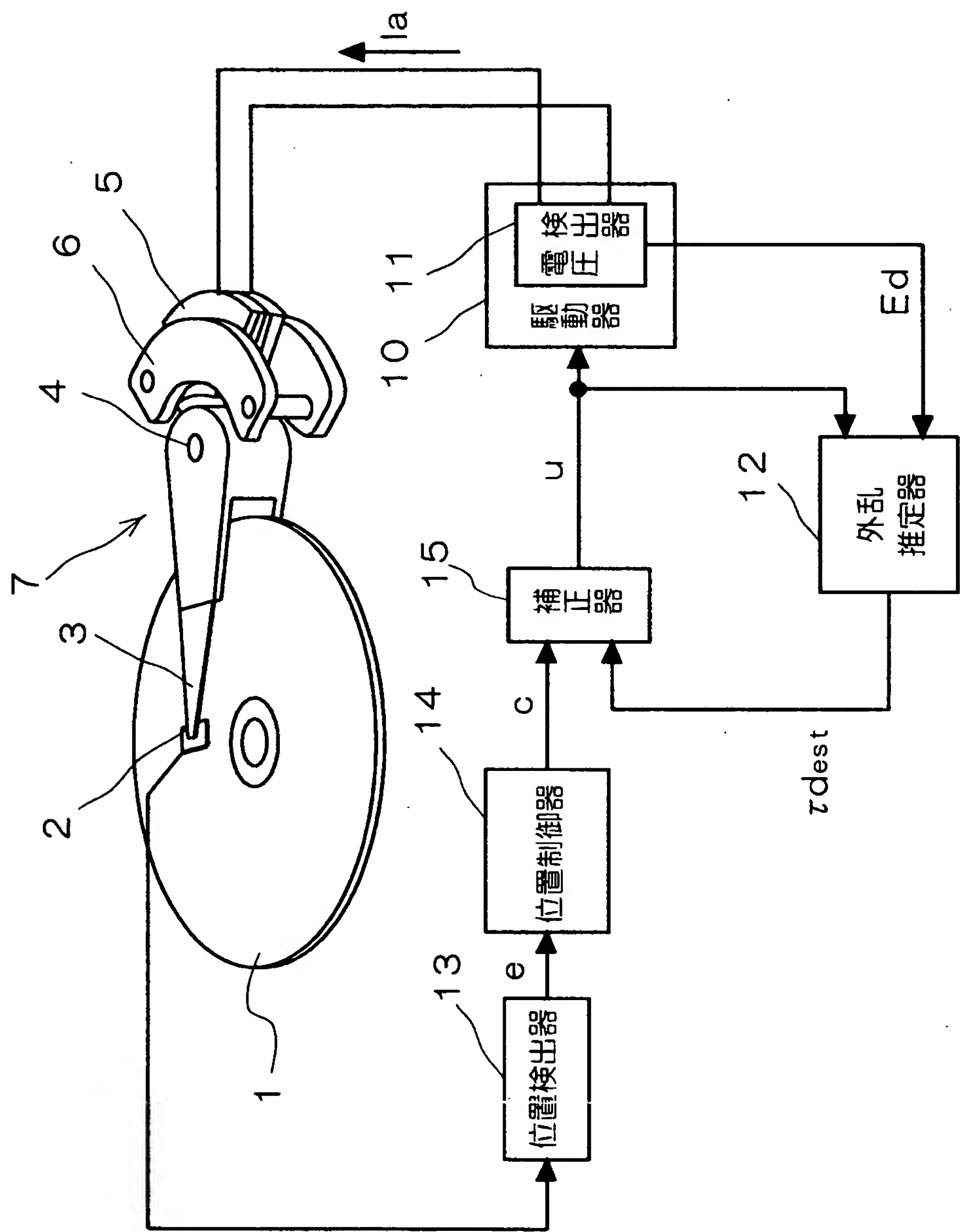
【符号の説明】

- 1 磁気ディスク
- 2 磁気ヘッド
- 3 アーム
- 4 軸受
- 5 駆動コイル
- 6 固定子
- 7 アクチュエータ (アクチュエータ手段)
- 1 0 駆動器 (駆動手段)
- 1 1 電圧検出器 (電圧検出手段)
- 1 2, 1 6 外乱推定器 (外乱推定手段)

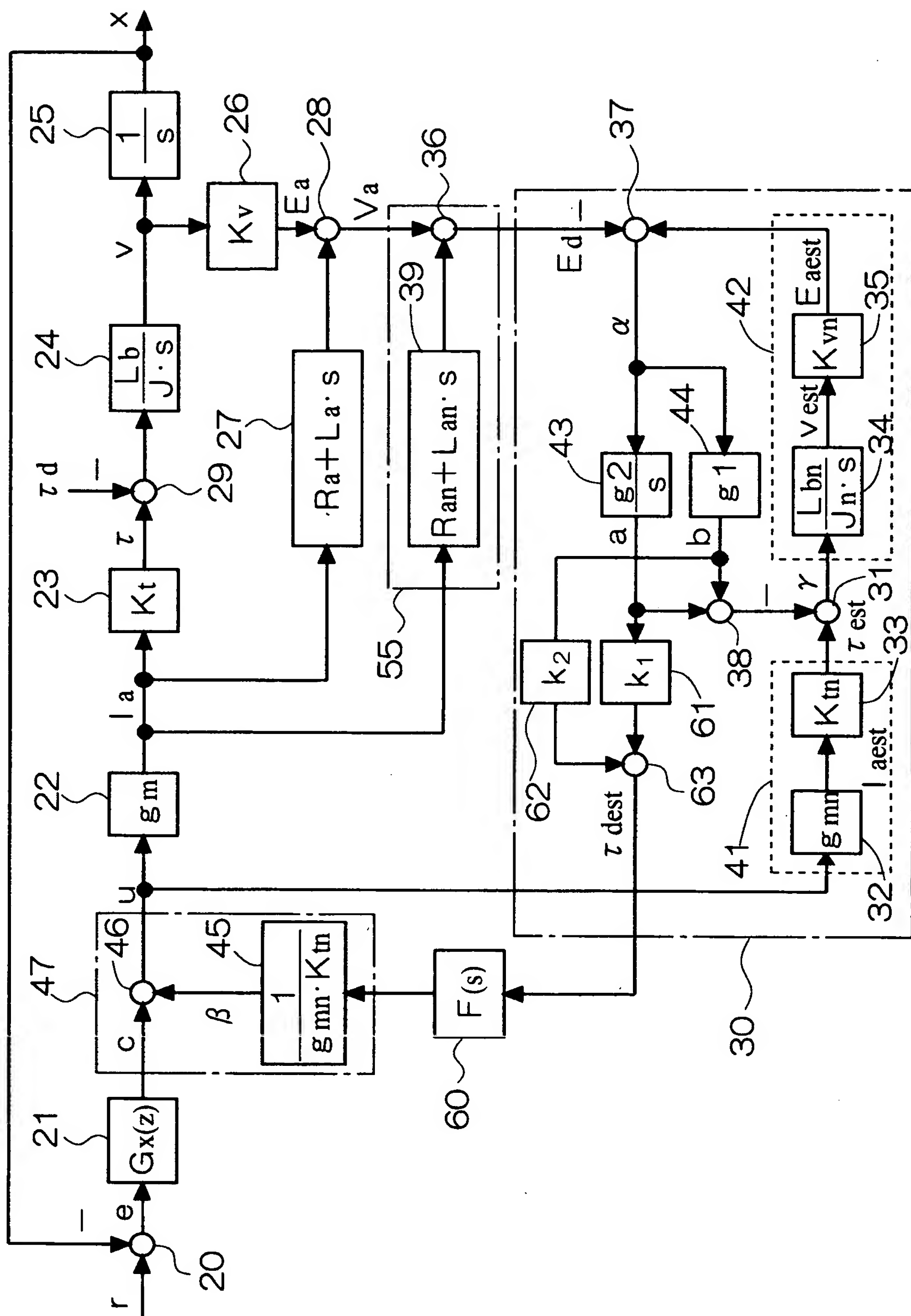
- 1 3 位置検出器 (位置検出手段)
- 1 4 位置制御器 (位置制御手段)
- 1 5 補正器 (補正手段)
- 3 2, 3 3 第 1 の乗算器 (第 1 の乗算手段)
- 4 3 第 1 の積分器 (第 1 の積分手段)
- 4 4 第 2 の乗算器 (第 2 の乗算手段)
- 3 4, 3 5 第 2 の積分器 (第 2 の積分手段)
- 3 7 比較器 (比較手段)
- u 駆動信号
- e 位置誤差信号
- c 位置制御信号
- v ヘッド移動速度
- v est 速度推定信号
- τ 駆動トルク
- τd 外乱
- $\tau dest$ 外乱推定信号
- I a 駆動電流
- I aest 推定電流
- E a 誘起電圧
- E aest 誘起電圧推定信号
- E d 電圧信号
- E dest 電圧推定信号
- β 補正信号
- a 積分信号
- b 補正信号

【書類名】 図面

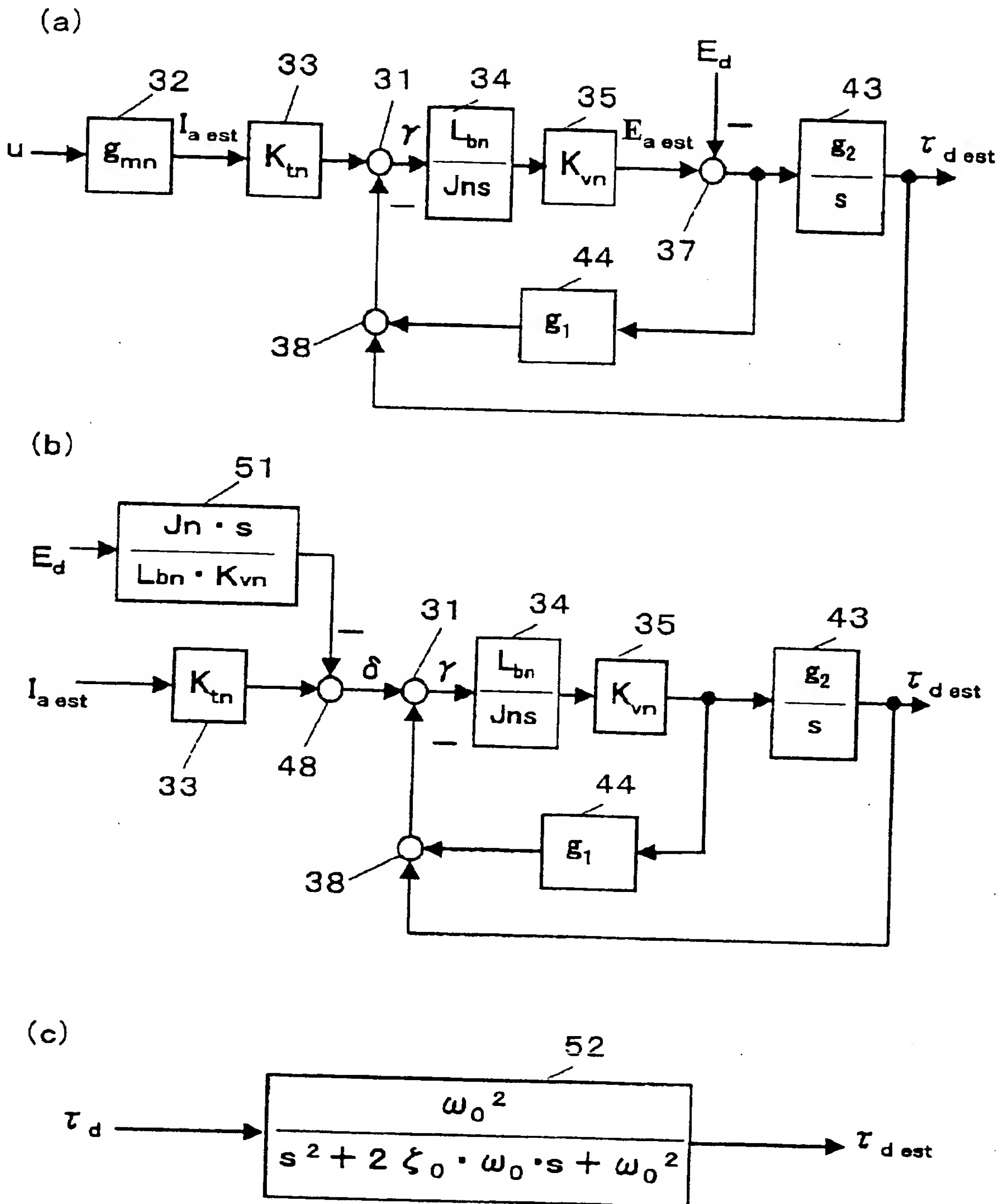
【図 1】



【図 2】

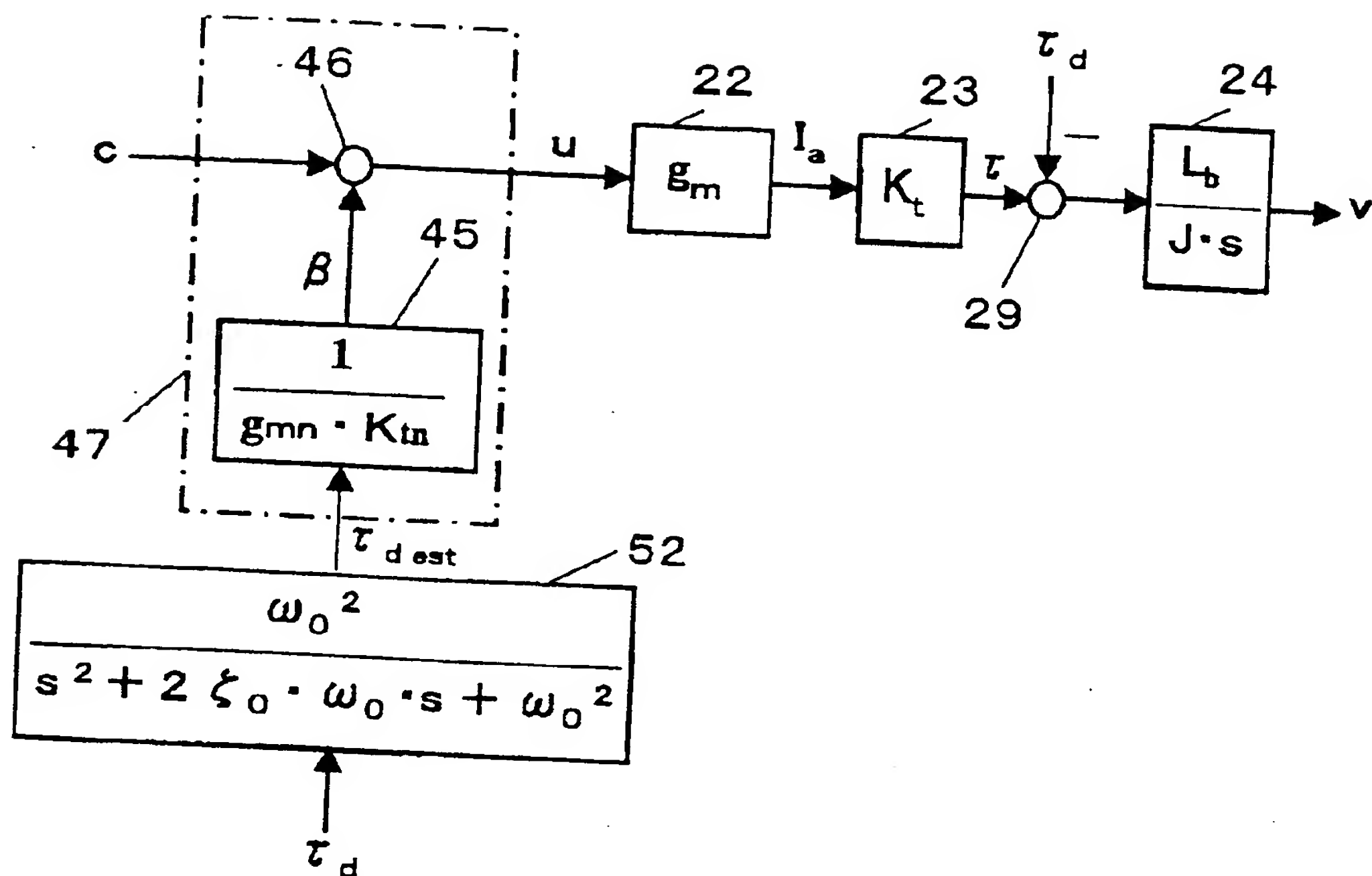


【図 3】

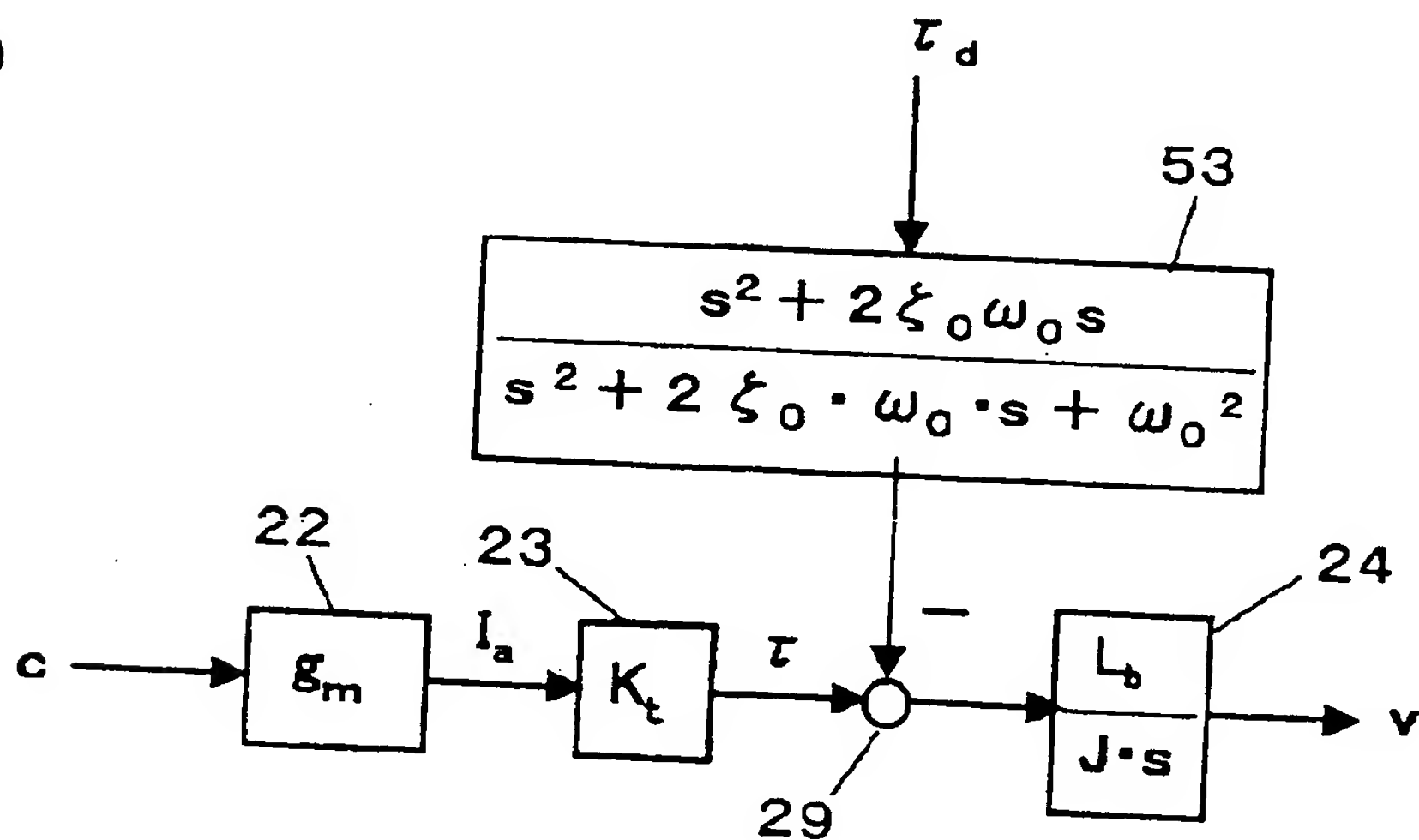


【図 4】

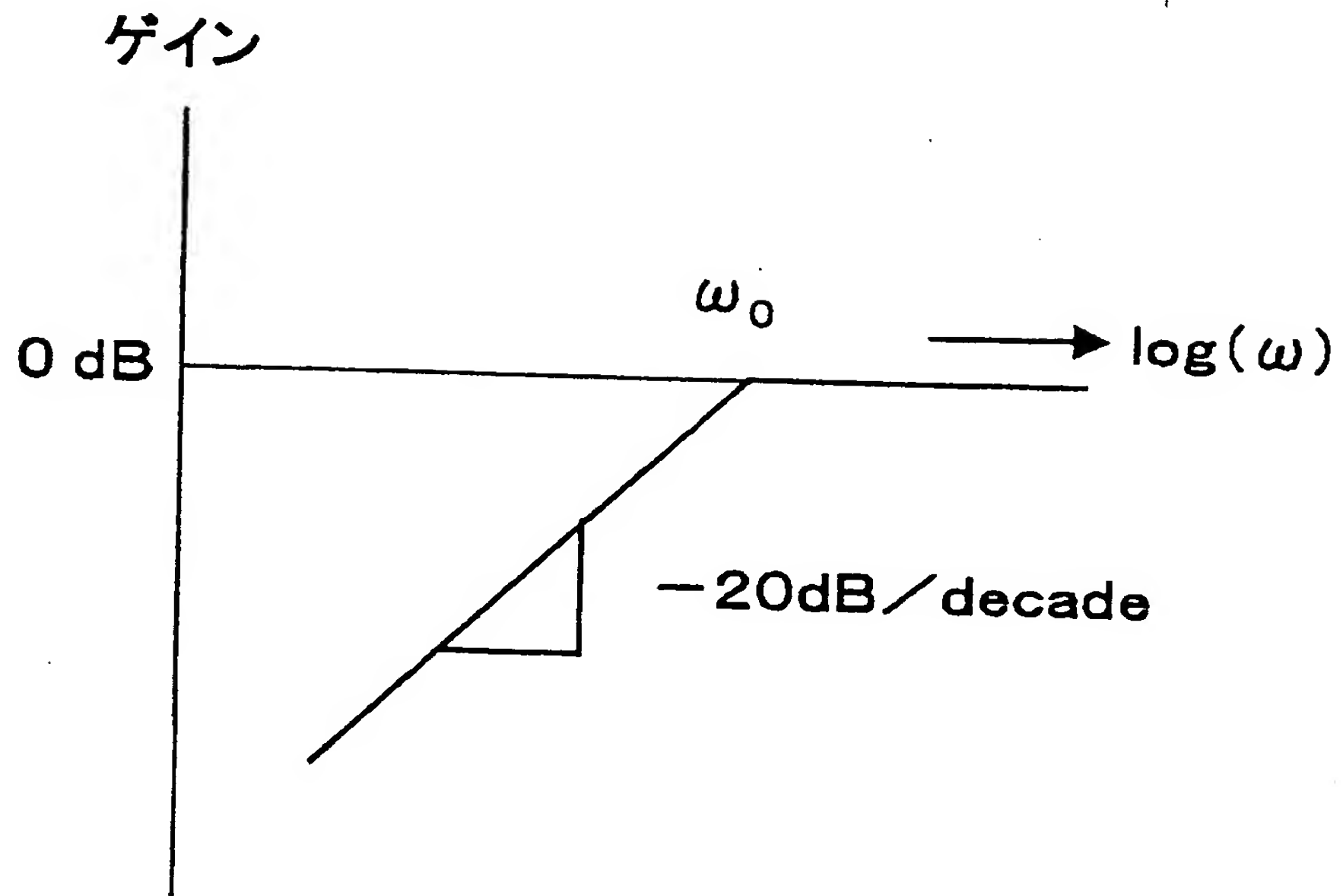
(a)



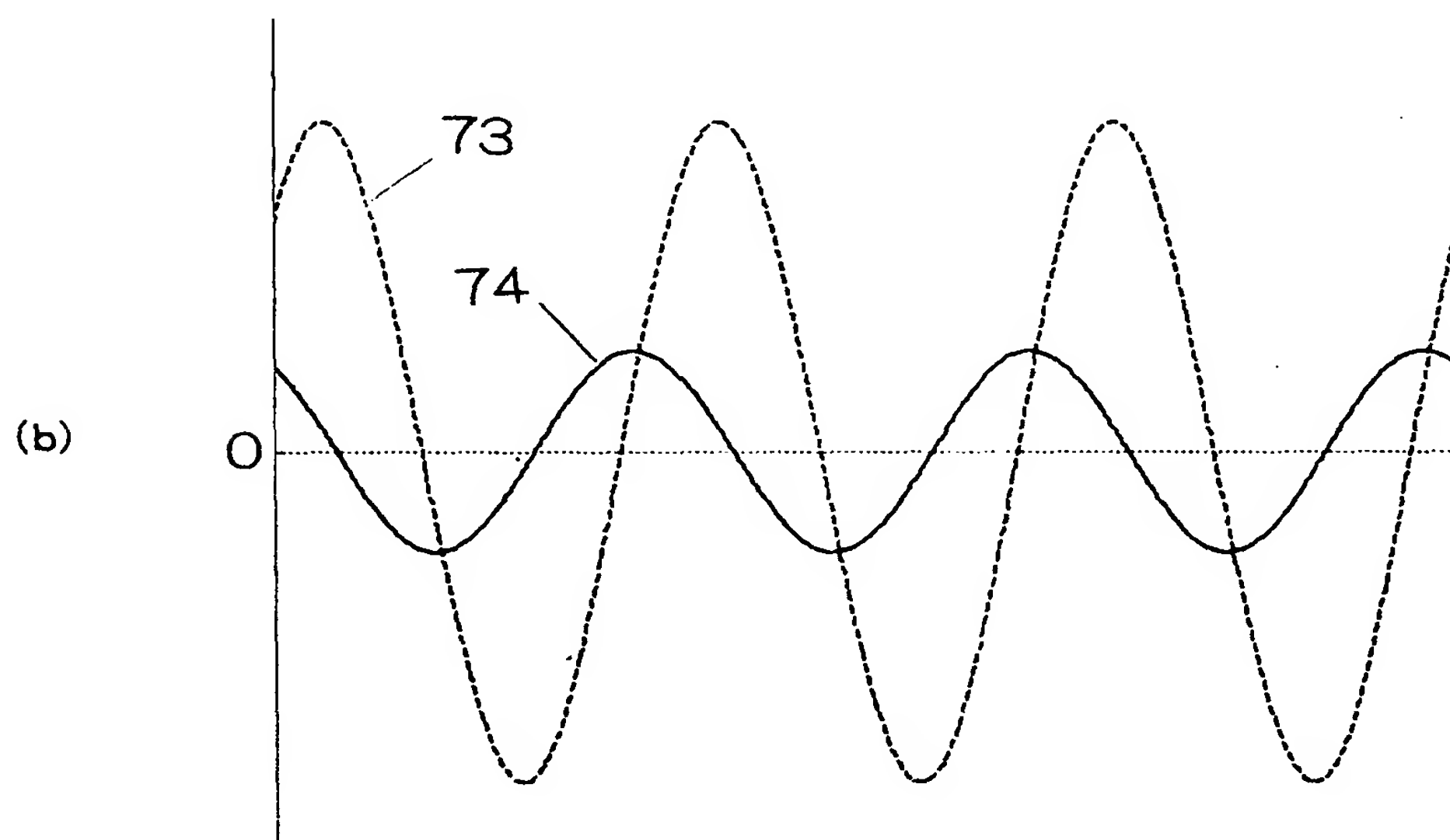
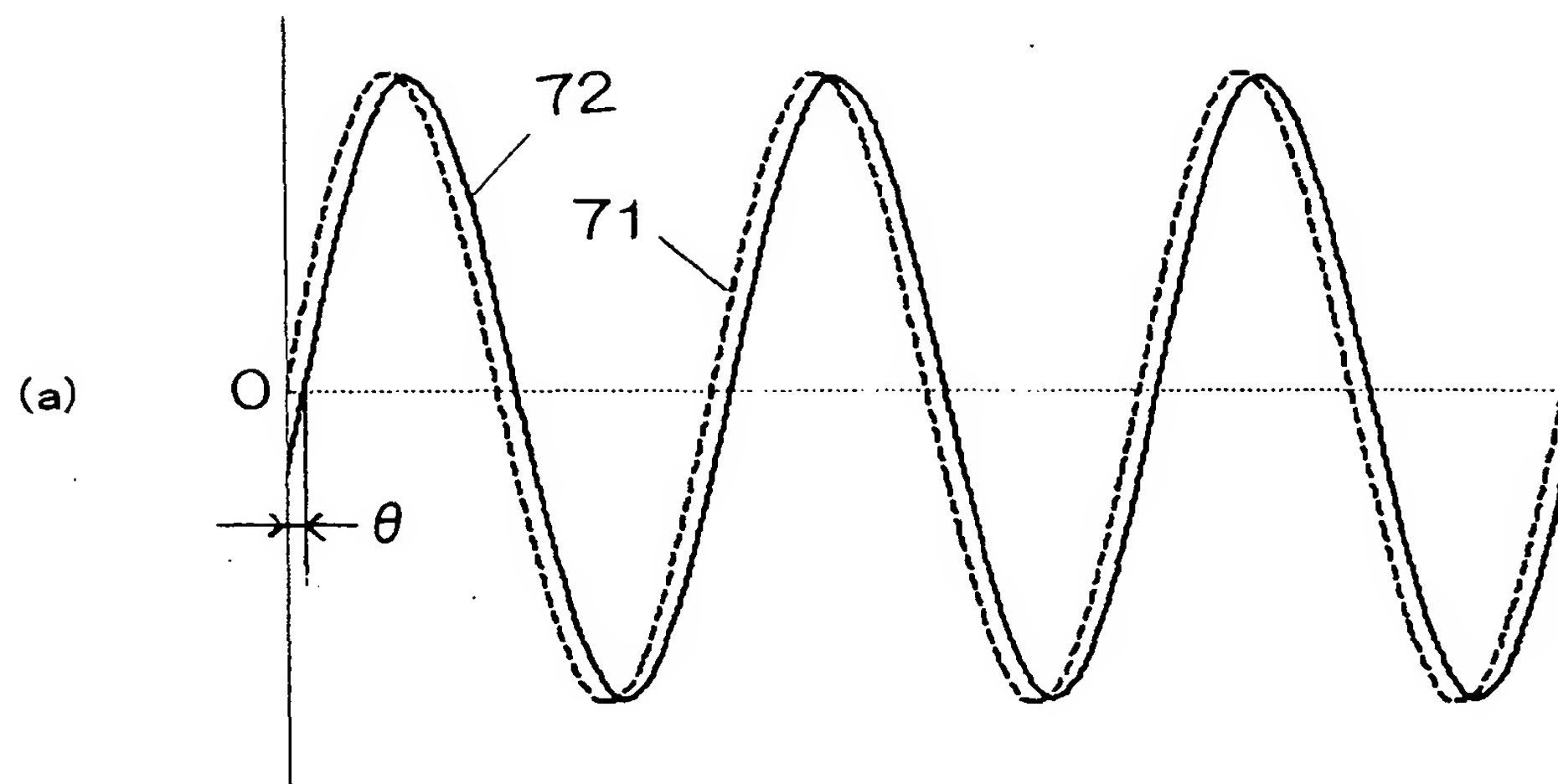
(b)



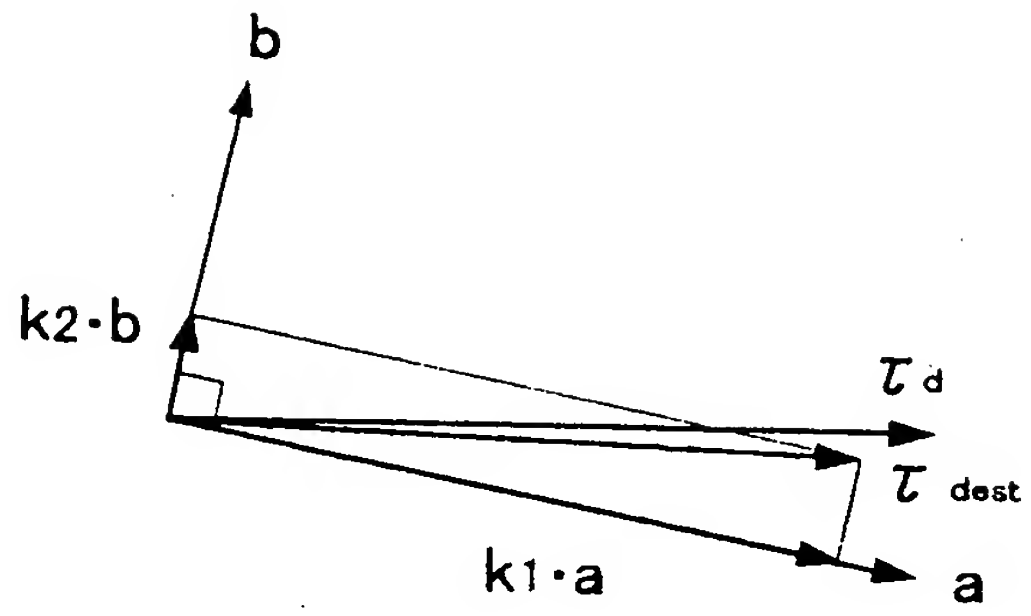
【図 5】



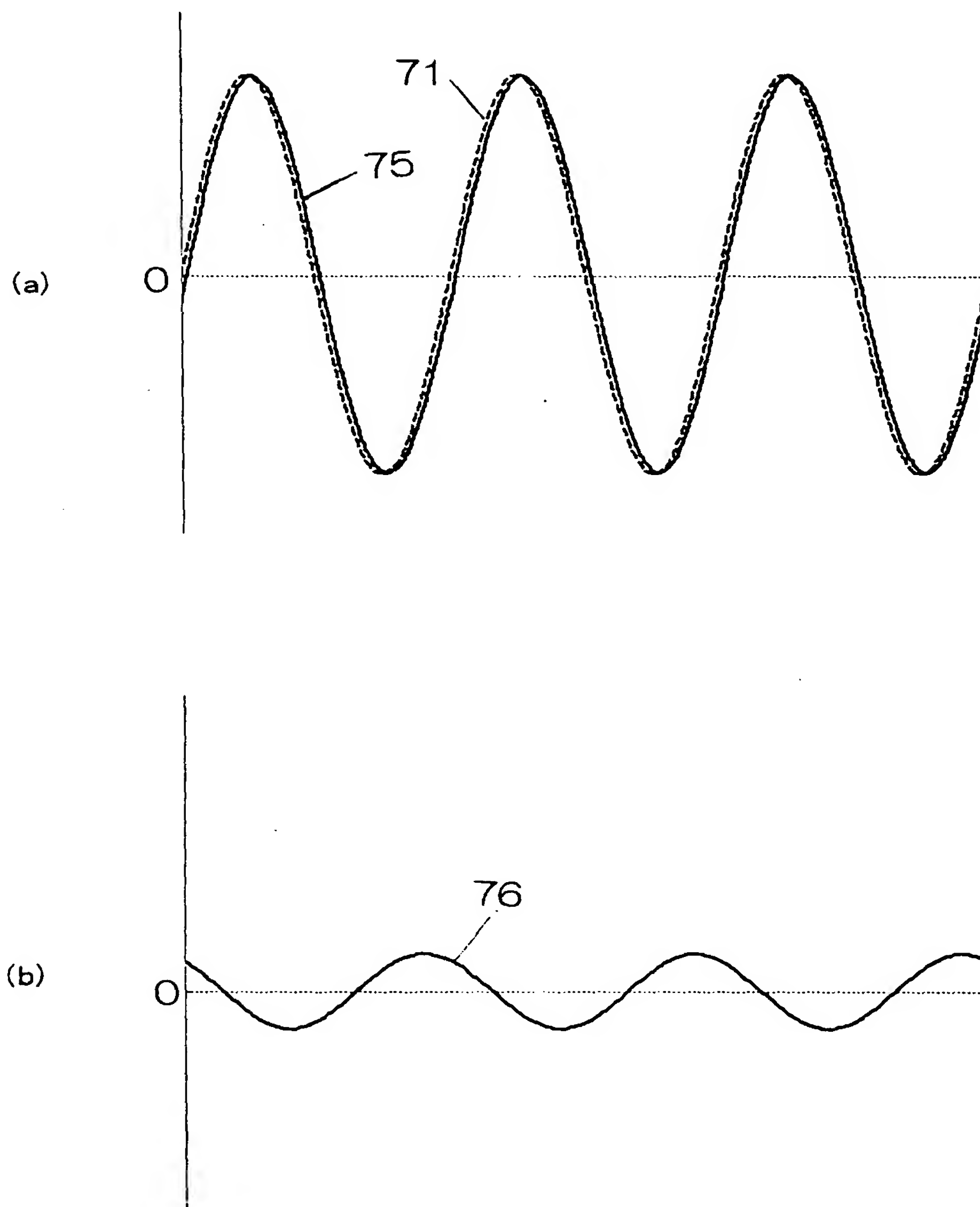
【図 6】



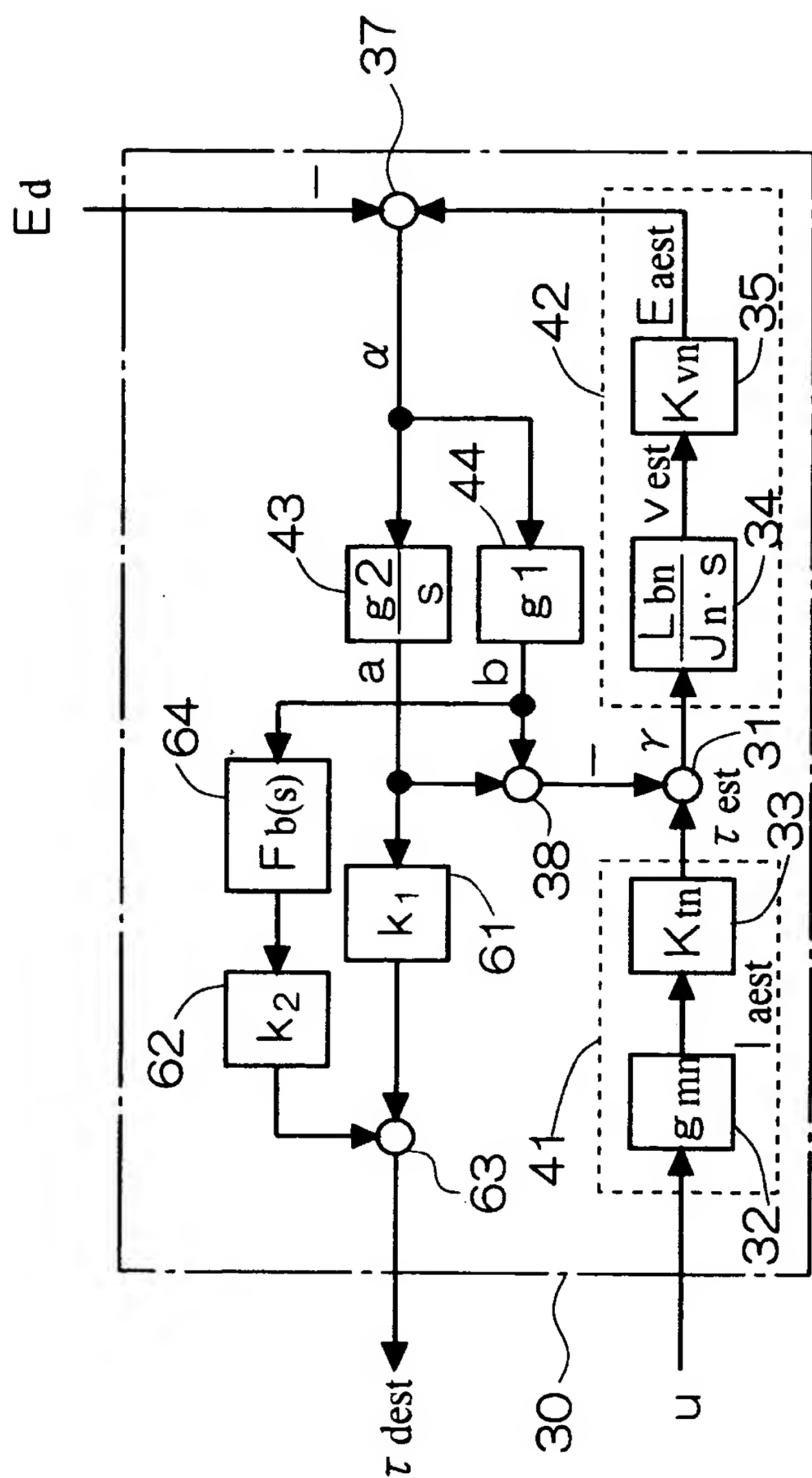
【図 7】



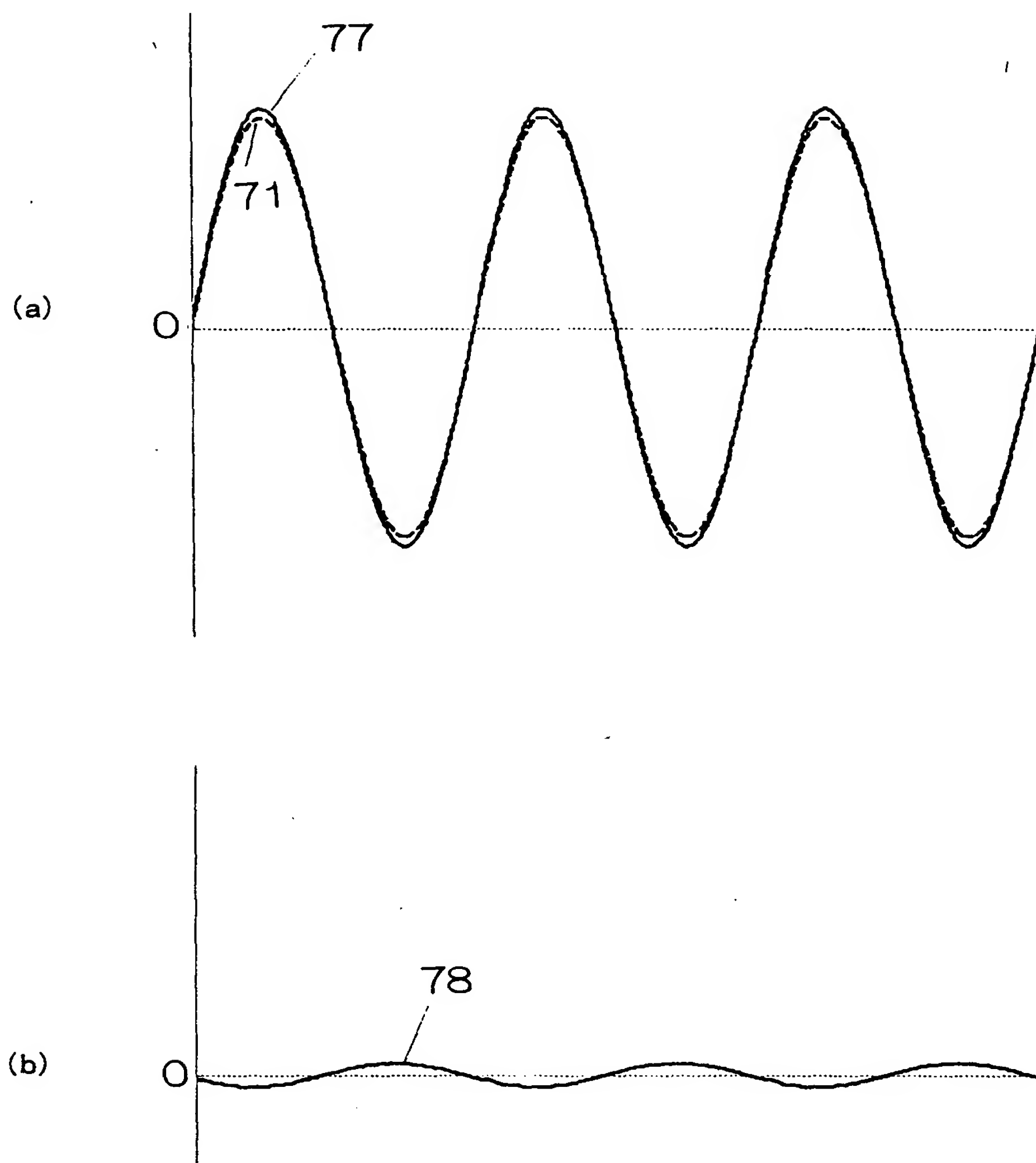
【図 8】



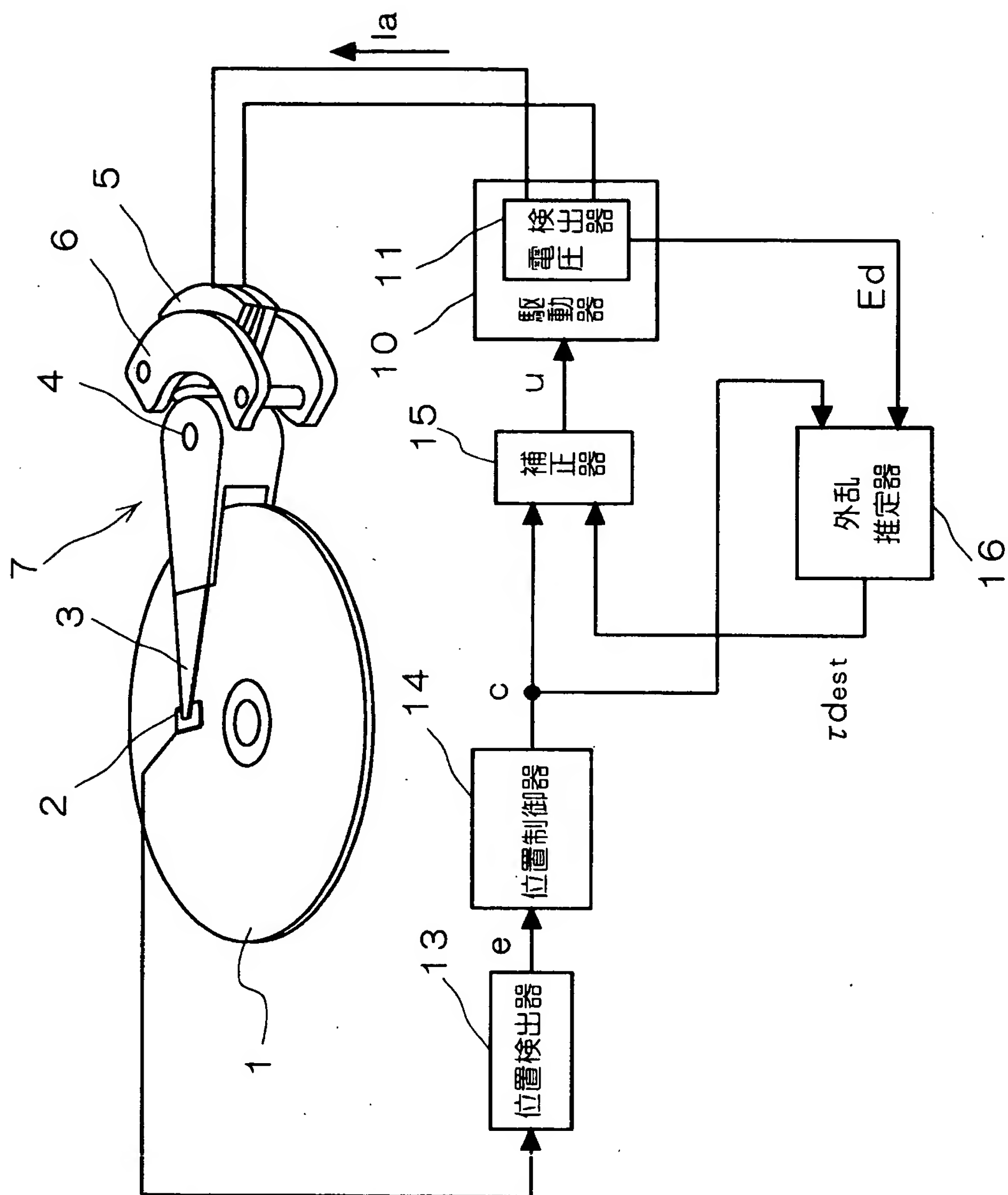
【图 9】



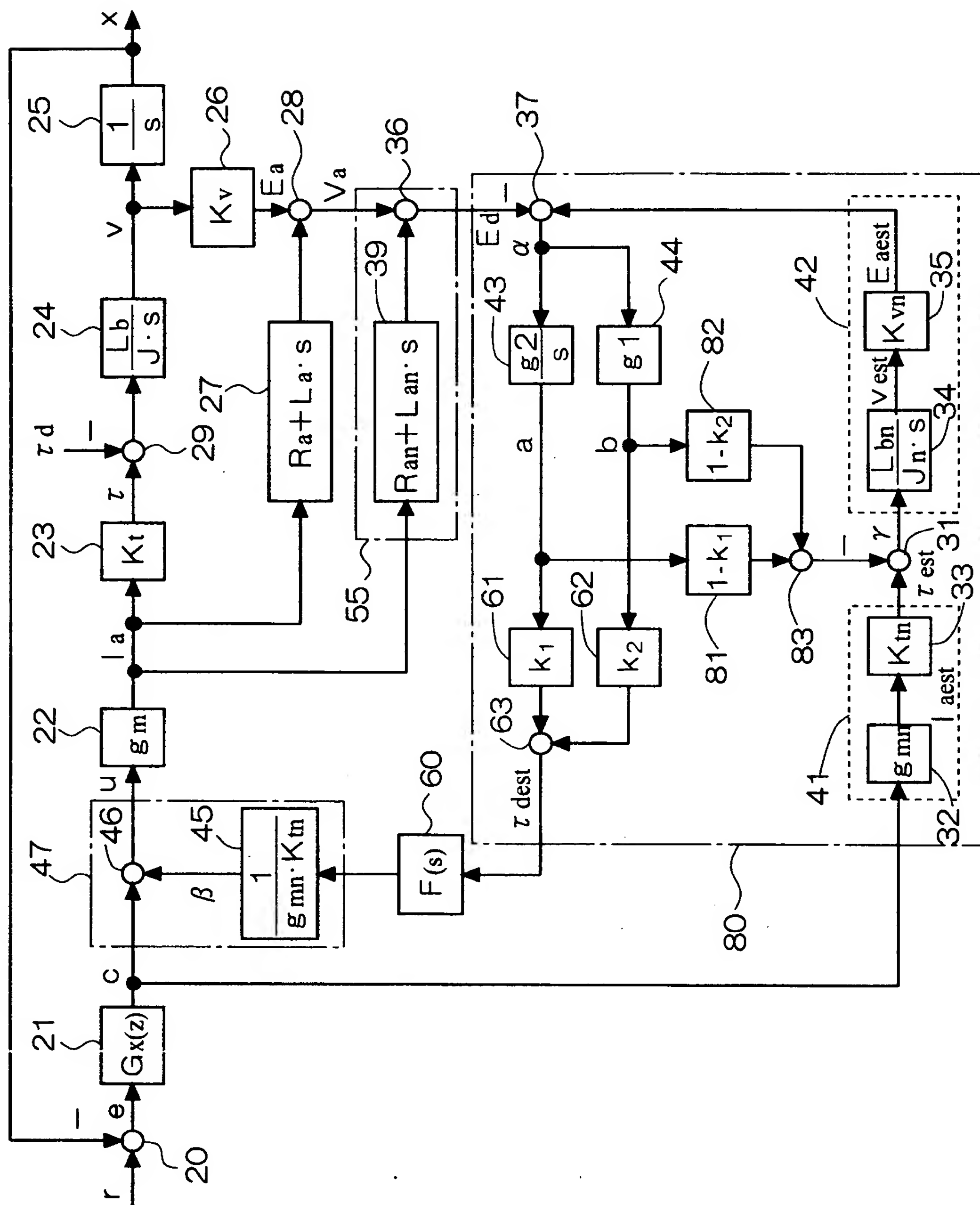
【図 1 0】



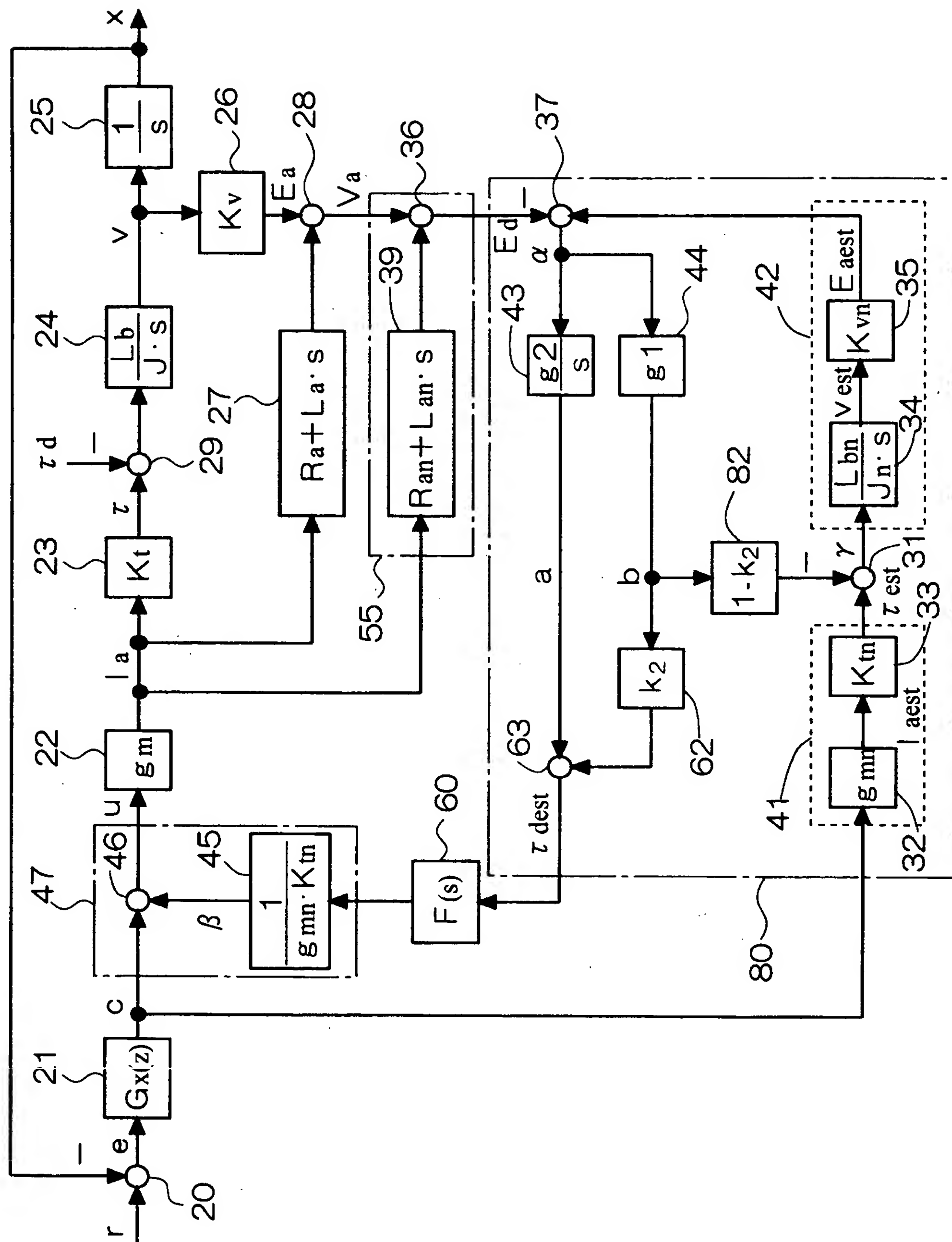
【図 1 1】



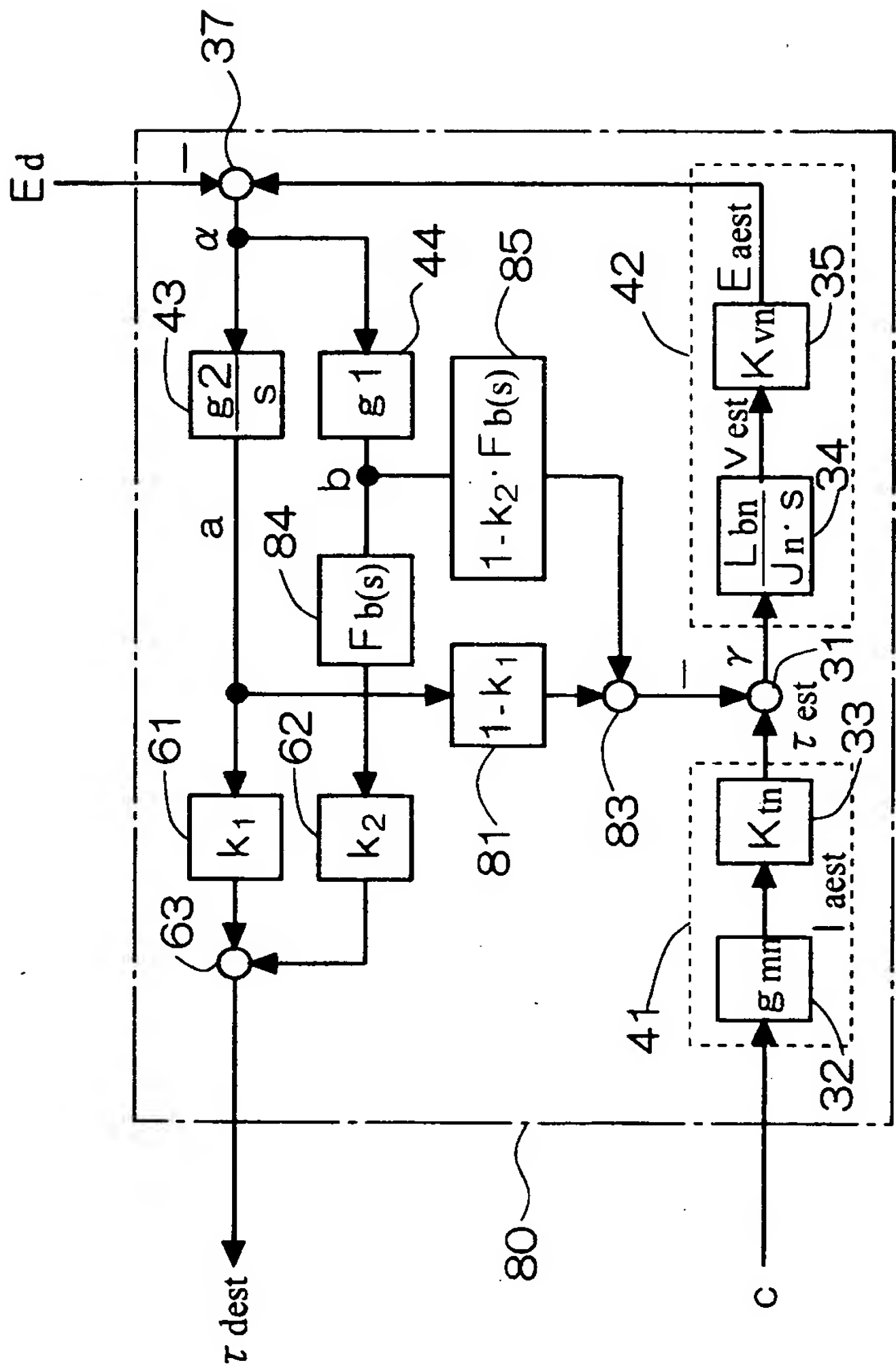
【図 12】



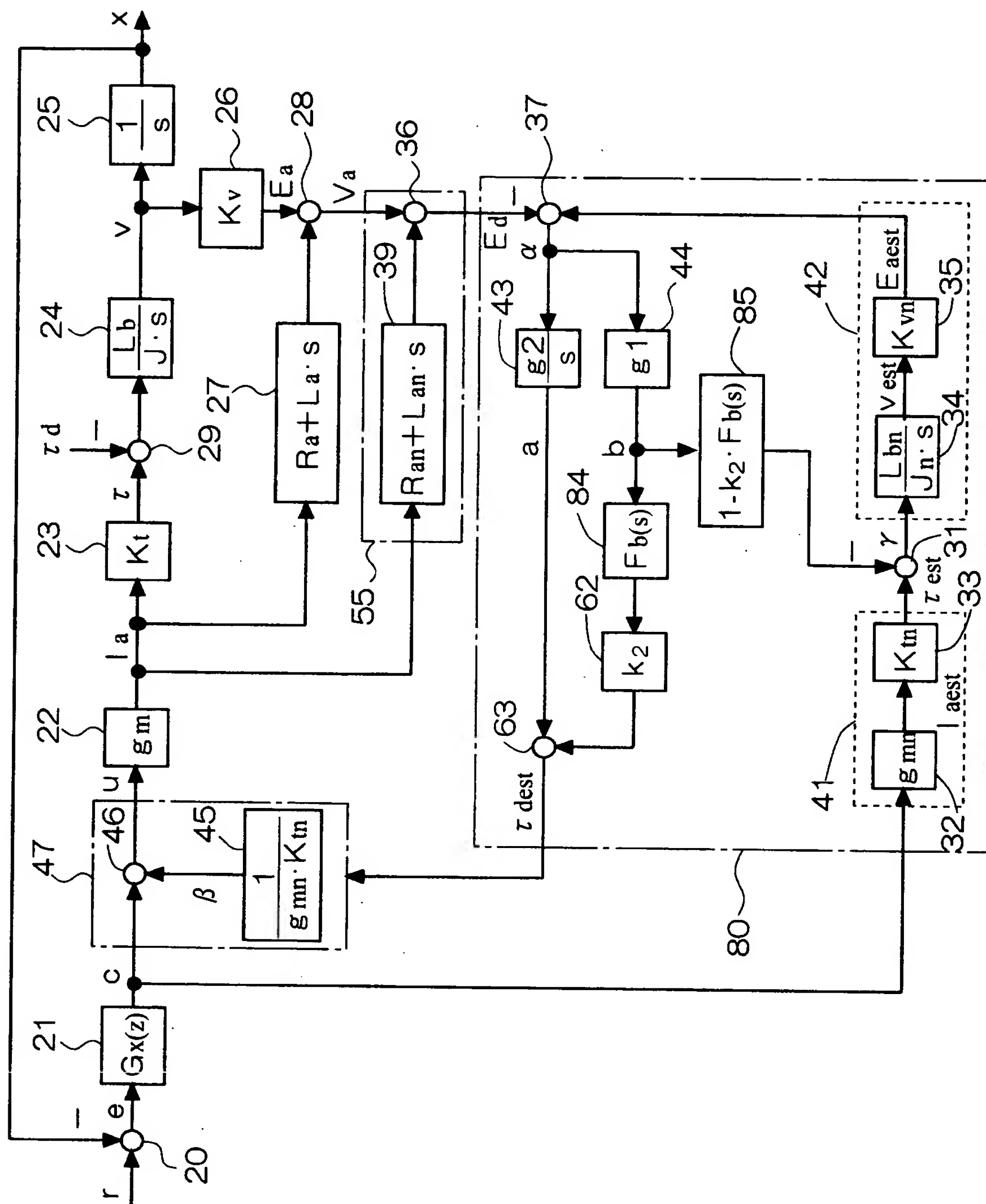
【圖 13】



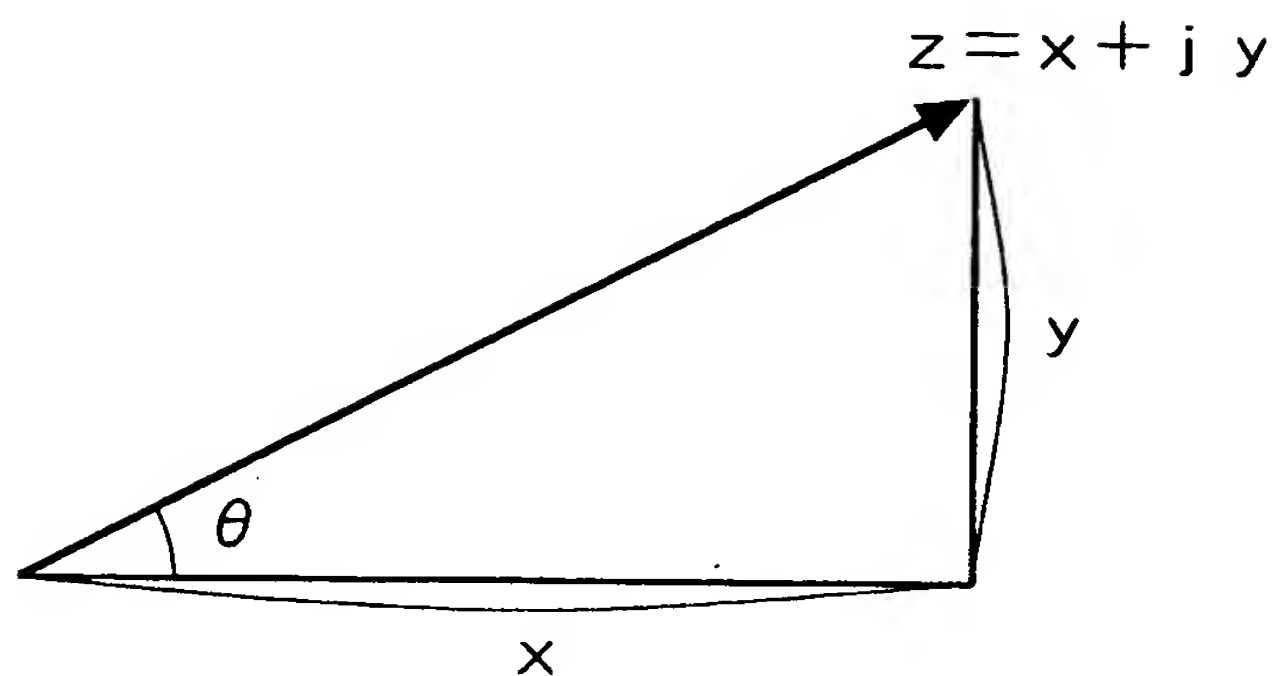
【図 1 4】



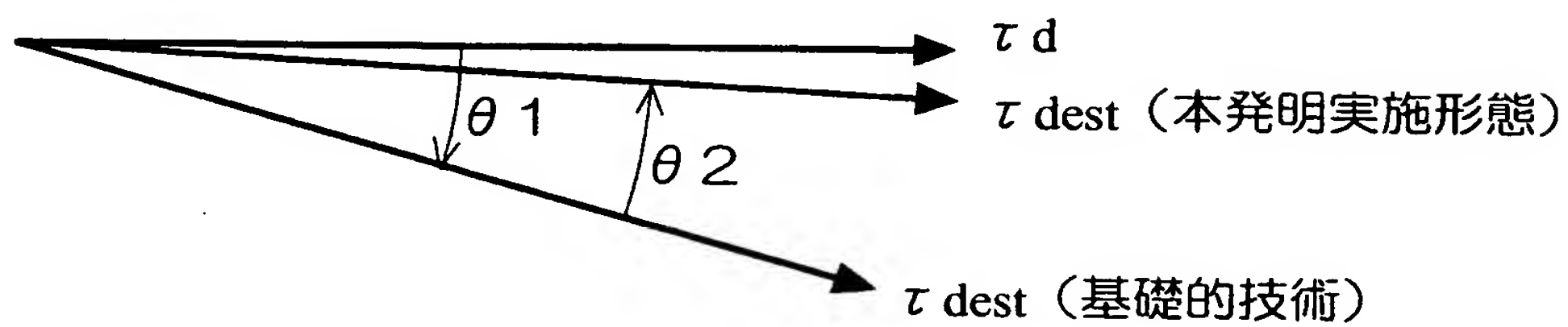
【図 15】



【圖 1 6】



【圖 1 7】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 ヘッドアクチュエータが受ける慣性力などの外乱によるヘッドのトラックずれを抑制し、ヘッドの位置決め制御を安定化する。

【解決手段】 位置検出手段 1 3 は磁気ヘッド 2 の現在位置に対応した位置誤差信号 e を生成し、位置制御手段 1 4 は位置誤差信号 e から位置制御信号 c を生成し、電圧検出手段 1 1 は駆動手段 1 0 によるアクチュエータ 7 の駆動で発生する電圧信号 E_d を検出し、外乱推定手段 1 2 は駆動信号 u と電圧信号 E_d から外乱推定信号 τ_{dest} を生成し、補正手段 1 5 は外乱推定信号 τ_{dest} と位置制御信号 c より駆動信号 u を出力する。外乱推定手段 1 2 は、電圧推定信号 E_{aest} を電圧信号 E_d と比較し偏差信号 α を出力する比較手段 3 7 と、偏差信号 α を積分した積分信号 a と偏差信号に比例した比例信号 b とを一定の比率 (k_1 , k_2) で加算し外乱推定信号 τ_{dest} を生成する加算手段 6 3 を含む。

【選択図】 図 1

特 2 0 0 2 - 2 8 2 9 8 9

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 2 - 2 8 2 9 8 9
受付番号	5 0 2 0 1 4 5 3 0 3 7
書類名	特許願
担当官	第八担当上席 0 0 9 7
作成日	平成 1 4 年 1 0 月 1 0 日

<認定情報・付加情報>

【提出日】 平成14年 9月27日

次頁無

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 5 8 2 1]

1. 変更年月日 1 9 9 0 年 8 月 2 8 日
[変更理由] 新規登録
住 所 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地
氏 名 松下電器産業株式会社